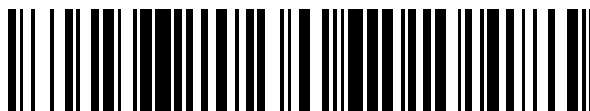


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 678 599**

51 Int. Cl.:

H01M 8/02	(2006.01) C25B 15/08	(2006.01)
H01M 8/24	(2006.01) H01M 8/1246	(2006.01)
H01M 8/12	(2006.01) H01M	(2006.01)
C25B 1/08	(2006.01) H01M	(2006.01)
C25B 9/20	(2006.01)	
H01M 8/0247	(2006.01)	
H01M 8/2425	(2006.01)	
H01M 8/0258	(2006.01)	
H01M 8/124	(2006.01)	
H01M 8/0254	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.06.2013 PCT/EP2013/062056**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **19.12.2013 WO13186226**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.06.2013 E 13732851 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018 EP 2859608**

54 Título: **Elemento de distribución de gas para una celda de combustible**

30 Prioridad:

11.06.2012 EP 12171563

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

14.08.2018

73 Titular/es:

**HTCERAMIX S.A. (100.0%)
Avenue des Sports 26
1400 Yverdon-les-Bains, CH**

72 Inventor/es:

WUILLEMIN, ZACHARIE

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 678 599 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Elemento de distribución de gas para una celda de combustible

Campo técnico

5 La invención se refiere a un elemento de distribución de gas para una celda de combustible o a un dispositivo electrolizador, en particular un elemento de distribución de gas para distribuir un fluido reactivo a un electrodo de la celda de combustible o del dispositivo electrolizador.

Antecedentes de la invención

10 Las celdas de combustible son dispositivos electroquímicos para convertir energía química almacenada en combustibles directamente en energía eléctrica realizando una reacción electroquímica. En la mayoría de los casos el oxígeno o iones de oxígeno reaccionan con hidrógeno, CO u otros combustibles, generando por lo tanto un flujo de electrones y por consiguiente proporcionando una corriente eléctrica, así como calor.

La reacción emplea un agente reductor y un oxidante como reactivos, que han de ser alimentados continuamente a la celda de combustible, típicamente el hidrógeno es utilizado como un agente reductor y el oxígeno o aire que contiene tal oxígeno es utilizado como un oxidante.

15 En la mayoría de los casos, una celda de combustible puede ser utilizada de forma inversa para realizar una reacción de electrólisis, donde se han de proporcionar una corriente eléctrica y posiblemente también calor. Por el bien de la simplicidad, se describe a continuación solamente el modo de operación de la celda de combustible.

20 Un sistema de energía de celda de combustible en general comprende los siguientes componentes: una o varias pilas de celdas de combustible, así como un equipamiento auxiliar también conocido como equilibrio de la planta. La pila de celdas de combustible está hecha de unidades repetitivas individuales, que están combinadas de forma modular y conectadas eléctricamente. Las unidades repetitivas individuales contienen una o varias membranas de celda, en las que tienen lugar las reacciones electroquímicas como se ha mencionado anteriormente. Las unidades repetitivas contienen también componentes para alimentar los reactivos, permitiendo el contacto eléctrico o cierre hermético, etc.

25 El equipamiento auxiliar proporciona el acondicionamiento de las corrientes de alimentación, proporcionando así aire u oxígeno y el combustible a las condiciones de temperatura y presión correctas así como un procesador de combustible o reformador de combustible opcional. Además, el equipamiento auxiliar puede incluir intercambiadores de calor para la temperatura de operación correcta de la pila de celdas de combustible y para hacer uso de la energía térmica generada por las reacciones electroquímicas para precalentar las corrientes de alimentación de combustible u oxidante, y para entregar el calor útil al usuario. Un ejemplo para un intercambiador de calor de este tipo se ha descrito en el documento WO2006/048429 A1.

30 El equipamiento auxiliar puede incluir también sistemas de gestión de energía eléctrica.

35 Una membrana de celda consiste normalmente de un electrolito en contacto con un ánodo y un cátodo sobre cualquiera de sus lados. El electrolito es un conductor iónico, pero aislante eléctrico. En operación como celda de combustible, una celda es alimentada continuamente al ánodo, por consiguiente, el electrodo negativo y un oxidante es alimentado continuamente al cátodo, por consiguiente el electrodo positivo. Las reacciones electroquímicas tienen lugar en los electrodos para producir una corriente iónica a través del electrolito tan pronto como se permita a una corriente eléctrica fluir desde/hacia los electrodos respectivos a través de un circuito externo, permitiendo por tanto realizar un trabajo sobre una carga.

40 Las celdas de la unidad que comprenden las membranas de celda como se ha mencionado anteriormente pueden tener diferentes formas, tales como placas o estructuras tubulares. Cada membrana de celda ha de ser contactada eléctricamente. Además, los gases reactivos tienen que ser distribuidos adecuadamente sobre la superficie de los electrodos para maximizar la eficiencia de la reacción. Esto se consigue por ejemplo creando capas de distribución de gas de geometría específica en contacto con la superficie de los electrodos. Tanto la conducción eléctrica como la distribución de gas son por tanto a menudo combinadas en partes específicas. Junto con las membranas de celda y los componentes individuales adicionales, este subconjunto representa una unidad repetitiva de la pila de celdas de combustible.

Para membranas de celda planas, las unidades repetitivas individuales son colocadas con mayor frecuencia una encima de otra para formar una pila.

50 En este caso, en las unidades repetitivas las capas de distribución de gas son utilizadas no solamente para transportar los reactivos a los electrodos, sino también para conducir la corriente eléctrica desde un electrodo de una primera membrana de celda al segundo electrodo de otra membrana de celda, conectando por tanto varias celdas en serie.

En una celda unitaria, el electrolito denso proporciona una barrera física para impedir que las corrientes de combustible y gas oxidante se mezclen directamente. En pilas planas, las placas bipolares aseguran normalmente la misma separación de gases entre unidades repetitivas adyacentes, proporcionando también el contacto eléctrico a través de las capas de distribución de gas.

5 Se han de prever un gran número de regiones catalizadoras en las interfaces entre la capa del electrolito y los electrodos, de este modo, una zona que ha mezclado conductividad para electrones e iones. El rendimiento de las membranas de celda de combustible se ha mejorado continuamente por esfuerzos para aumentar la conductividad del electrolito, desarrollando actividades catalíticas de electrodo mejoradas y transporte de reactivo, y ampliando el rango de temperatura sobre el cual pueden ser operadas las celdas.

10 Los electrodos son típicamente porosos y están hechos de un material conductor eléctricamente y posiblemente también iónicamente. A bajas temperaturas, solamente unos pocos materiales relativamente raros y caros proporcionan suficiente actividad electro-catalítica, así en estos casos los catalizadores son depositados en pequeñas cantidades en la interfaz entre el electrodo poroso y el electrolito. En celdas de combustible a temperatura elevada, un mayor número de materiales se califican para un material de electrodo gracias a su actividad electro-catalítica mejorada.

Los electrodos porosos tienen así la función primaria de proporcionar una superficie para que tengan lugar las reacciones electroquímicas. Además, su función es conducir electrones lejos de o a la interfaz trifásica y proporcionar una recopilación y conexión de corriente bien con otras celdas o bien con la carga.

20 Mientras el rendimiento de las membranas de celda está dictado principalmente por la elección de materiales, su tamaño o micro estructura y el modo en que son combinados juntos, el rendimiento de una pila de celdas de combustible depende en una magnitud muy importante también de la calidad de la distribución de los reactivos sobre las membranas de celda, el contacto eléctrico de los electrodos, y la homogeneidad de los flujos reactivos de las temperaturas entre las diferentes unidades repetitivas. Por último pero no menos importante, la elección del tratamiento de combustible y de los puntos operativos tiene un impacto importante sobre el rendimiento y la vida útil de la celda de combustible.

25 Se han desarrollado una variedad de celdas de combustible y se encuentran actualmente bajo distintas etapas de comercialización. La clasificación más común de celdas de combustible se refiere al tipo de electrolito utilizado, tal como celdas de combustible de óxido sólido (SOFC), celdas de combustible de electrolito de polímero (PEFC), celdas de combustible alcalinas (AFC), celdas de combustible de ácido fosfórico (PAFC) o celdas de combustible de carbonato fundido (MCFC).

30 Una celda de combustible de electrolito de polímero (PEFC) tiene un electrodo que está configurado como una membrana de intercambio de iones, en particular un polímero de ácido sulfónico fluorado, que tiene la característica de ser un buen conductor de protones. El único líquido presente en la celda de combustible es agua, ya que el combustible es principalmente un combustible de hidrocarburo que proporciona los iones de hidrógeno y el oxidante es aire que proporciona el oxígeno para realizar la reacción electroquímica. La temperatura de operación es normalmente menor de 100°C ya que la membrana ha de ser hidratada con agua y dicha agua debería por tanto no evaporarse más rápido de lo que se forma. Así preferiblemente la temperatura de operación es aproximadamente de 60°C a 80°C. Típicamente los electrodos de carbono con un electro-catalizador de platino son utilizados tanto para el ánodo como para el cátodo. Las placas bipolares o separadoras están hechas bien de carbono o bien de metal. El combustible no debería contener nada de CO ya que el ánodo es fácilmente envenenado por trazas de CO. Una aplicación comercial importante para el PEFC son los vehículos de celda de combustible, así como electrolizadores.

Una celda de combustible alcalina (AFC) tiene un electrolito KOH, que está retenido en una matriz, por ejemplo hecha de amianto y se puede utilizar una amplia gama de electro-catalizadores, por ejemplo Ni, Ag, óxidos metálicos, espinelas, metales nobles. Son iones OH los que son los portadores de carga a través del electrolito.

45 La temperatura de operación es de manera normal aproximadamente de 250°C si se utiliza un KOH de una concentración de aproximadamente el 85% en peso y puede ser inferior de 120°C si se utiliza un KOH de una concentración del 35% al 50%. El combustible puede no contener nada de CO o nada de CO₂, que reaccionaría con el electrolito a K₂CO₃, alterándolo por ello. Así preferiblemente es utilizado hidrógeno puro como combustible para una AFC. Típicamente los electrodos compuestos de metales de transición son utilizados con un electro-catalizador de platino y son utilizados tanto para el ánodo como para el cátodo; las placas bipolares están hechas de metal.

50 Una celda de combustible de ácido fosfórico (PAFC) utiliza ácido fosfórico muy concentrado como el electrolito que es retenido en una matriz, por ejemplo hecho de carburo de silicio y se utiliza sobre todo platino como un electro-catalizador. Los iones transportados en el electrolito son protones. La temperatura de operación típica de una PAFC se encuentra entre 150°C y 220°C debido al hecho de que el ácido fosfórico concentrado tiene una alta estabilidad incluso bajo estas temperaturas relativamente altas. A temperaturas inferiores, el ácido fosfórico es un conductor iónico pobre y ocurre el envenenamiento con CO del electro-catalizador de platino. A temperaturas de operación más elevadas un contenido de hasta el 1% de CO como disolvente es aceptable. Típicamente los electrodos compuestos de carbono son utilizados tanto para el ánodo como para el cátodo; las placas bipolares están hechas

de grafito. Debido a la naturaleza corrosiva del ácido fosfórico, han de utilizarse materiales caros tales como el grafito. El campo principal de uso de la PAFC es el de las aplicaciones estacionarias.

Una celda de combustible de carbonato fundido (MCFC) utiliza una combinación de carbonatos alcalinos como el electrolito, que está retenido en una matriz de LiAlO_2 . La temperatura de operación típica de una MCFC es aproximadamente de 600°C y de 700°C donde los carbonatos alcalinos forman una sal fundida muy conductiva, con iones de carbonato que proporcionan conducción iónica. El ánodo consiste normalmente de níquel y el cátodo de óxido de níquel, las interconexiones son hechas de acero inoxidable o níquel. Los electrodos de níquel/óxido de níquel proporcionan suficiente actividad a temperaturas de operación elevada, no siendo así necesario un electrocatalizador. El combustible puede comprender CO e hidrocarburos; además se requiere una fuente de CO_2 en el cátodo, que puede ser proporcionada por el escape desde el ánodo. El campo principal de uso de la MCFC es el de las aplicaciones estacionarias.

Una celda de combustible de óxido sólido (SOFC) utiliza un electrolito sólido, que es un óxido metálico no poroso, tal como zirconia estabilizada con ytria (YSZ) del 3%-10% que es ZrO_2 estabilizada con Y_2O_3 , o CeO_2 dopado con Sm_2O_3 (SDC) o CeO_2 dopado con GdO_2 (GDC). La temperatura de operación típica de una SOFC depende del material del electrolito y es aproximadamente de 500°C hasta 1100°C con iones de oxígeno que proporcionan conducción iónica. El ánodo y el cátodo incluyen normalmente también materiales cerámicos. El electrodo de combustible está hecho normalmente de una combinación de metal y una cerámica que forma un cermet, por ejemplo, en su mayoría cermets Ni-YSZ. El electrodo de oxígeno comprende normalmente una perovskita dopada eléctricamente conductiva o una combinación de una perovskita y una cerámica conductiva y única tal como YSZ o GDC. Las Perovskitas típicas utilizadas como cátodo contienen una combinación de La, Sr, Co, Fe, Mn. Las placas bipolares están hechas normalmente de acero inoxidable.

Se puede encontrar información adicional sobre posibles componentes para cátodo, ánodo y electrolito así como capas intermedias opcionales y catalizadores en el documento US 7 632 586 B2.

El combustible puede comprender junto al hidrógeno CO y otros hidrocarburos tales como metano o amoníaco, mientras que solamente H_2 y CO son fácilmente convertidos electroquímicamente. Los otros combustibles son consumidos indirectamente o requieren una etapa de disociación antes de ser convertidos. Además, una SOFC puede tolerar un combustible que es diluido por gases inertes tales como N_2 , CO_2 o vapor. Entre los hidrocarburos, puede haber gas natural, gasolina, diésel o también biogas. Este tipo de celda de combustible permanece sin embargo sensible a algunos elementos de envenenamiento contenidos en los combustibles, tales como azufre, en particular H_2S y COS que son considerados ya como un veneno en una concentración superior a 1 ppm.

La unidad de cátodo-ánodo-electrolito de la membrana de celda está construida con dos electrodos porosos que emparedan al electrolito. El aire fluye a lo largo del cátodo, transportando así moléculas de oxígeno al cátodo. Cuando una molécula de oxígeno entra en contacto con la interfaz cátodo/electrolito adquiere electrones desde el cátodo. Los iones de oxígeno se difunden al material de electrolito y migran al otro lado de la celda donde entran en contacto con el ánodo. Los iones de oxígeno encuentran el combustible en la interfaz ánodo/electrolito y reaccionan de forma catalítica, por lo cual se producen agua, dióxido de carbono, calor y electrones. Los electrones son alimentados al circuito externo para proporcionar energía eléctrica.

El campo principal de uso de la SOFC son las aplicaciones estacionarias, tales como generación de energía estacionaria, energía móvil, energía auxiliar para vehículos, aplicaciones especiales. Las densidades de potencia alcanzadas normalmente por las SOFC son del orden de 200 a 500 mW/cm^2 para aplicaciones estacionarias.

La SOFC es la celda de combustible que se ha sometido al período de desarrollo continuo más largo, comenzando a finales de la década de 1950. Debido al hecho de que se prevé un electrolito sólido, la membrana de celda puede conformarse en una variedad de formas, tales como tubular, plana o formas monolíticas. Las eficiencias eléctricas dependen ampliamente del combustible utilizado. Utilizando hidrógeno como combustible, se pueden conseguir eficiencias eléctricas del orden del 45%-55% (LHV), con máximos cerca del 60% al nivel de una unidad repetitiva. Utilizando metano como combustible, se pueden alcanzar eficiencias eléctricas del 60% para eficiencias eléctricas de pila próximas al 70%. Además las emisiones de gas ácido o de cualesquiera sólidos son insignificantes.

Se ha descrito una disposición de un sistema de celda de combustible de óxido sólido para generar energía eléctrica por combinación de oxígeno con un gas reactivo, es decir un gas combustible en el documento WO2006/048429. La celda de combustible de óxido sólido incluye una configuración de pila que comprende una capa de electrolito emparedada entre dos electrodos. Uno de los electrodos están en operación en contacto con oxígeno o aire, el otro electrodo está en contacto con un gas combustible a una temperatura operativa de aproximadamente 500°C a aproximadamente 1100°C . Normalmente se utiliza una capa de soporte durante la producción de la celda para contener la capa de electrodo y proporcionar estabilidad mecánica adicional de las celdas. La capa de soporte puede funcionar también como un colector de corriente.

El cátodo comprende una perovskita, una manganita de lantano o estroncio o una zirconia estabilizada con itria. Los iones de oxígeno están formados a partir del gas de oxígeno proporcionado al cátodo, que migran a través de la capa de electrolito para combinar con el gas de hidrógeno previsto en el ánodo. El ánodo comprende níquel y/o

zirconia estabilizada con itria. En el ánodo, se forma agua y se proporcionan electrones, que son recogidos en el colector de corriente.

5 Una característica de los sistemas de celda de combustible es que su eficiencia casi no se ve afectada por el tamaño. Esto significa, que se pueden desarrollar plantas pequeñas de energía, de eficiencia relativamente elevada comenzando a partir de unos pocos kw para unidades domésticas de cogeneración a plantas eléctricas de baja capacidad MW.

10 Un problema asociado con las celdas de combustible en general es el hecho de que una sola membrana de celda genera un potencial de corriente continua CC del orden de 1 V, que es muy pequeño para ser utilizado para aplicaciones residenciales o automovilísticas. Por esta razón, una pluralidad de membranas de celda son combinadas con una pila de membranas de celda conectadas eléctricamente en serie como para proporcionar un voltaje de magnitud suficiente para ser convertidas de forma eficiente a corriente alterna CA y empleadas en la mayoría de las aplicaciones comerciales.

Las pilas habituales están hechas de unas pocas decenas a unos pocos cientos de membranas de celda conectadas parcialmente en serie y en paralelo, con algunos diseños que incluyen incluso unos pocos millares de celdas.

15 El conjunto de una pila de unidades repetitivas debería por tanto por un lado requerir tan pocos pasos de montaje como sea posible y por otro lado garantizar las condiciones operativas adecuadas para cada una de las membranas de celda.

20 Debido a la conexión de las unidades repetitivas en serie, cualquier limitación de rendimiento en una sola membrana de celda puede tener consecuencias importantes en el rendimiento total de la pila, ya que puede limitar la corriente total que puede ser impulsada y por tanto la energía eléctrica resultante.

La construcción de pilas depende del tipo de membranas de celda que son utilizadas. La primera clase principal de pilas utiliza membranas de celda tubulares tales como las presentadas en el documento WO01/91218 A2.

25 La segunda clase principal de pilas utiliza membranas de celda planas que pueden estar interconectadas por apilamiento. Entre ellas, las principales diferencias se refieren al tipo y geometría de suministro de combustible y oxidante, o al diseño de distribución de gas sobre los electrodos y su contacto eléctrico.

30 Un primer concepto que se ha propuesto por ejemplo en el documento EP 1 864 347 B1 es una pila de forma cilíndrica. Así la membrana de celda es una membrana de tres capas de cerámica en forma de disco que consiste de un electrodo positivo, un electrolito y un electrodo negativo (unidad CAE). El combustible suministrado en un canal central y dirigido radialmente hacia fuera y un gas que contiene oxígeno es suministrado desde la periferia y dirigido hacia el canal central.

35 En el documento US2011/0269048A1, se ha mostrado un concepto de pila basado en membranas de celda rectangulares, donde dichas membranas están unidas a una unidad de distribución de gas que presenta puertos de entrada y salida de combustible, y donde el oxidante es suministrado y extraído en la periferia de dicha unidad de distribución de gas. Con el fin de mejorar la distribución de gas del gas que fluye a través de la superficie de la membrana de celda, los canales de gas son curvos. Previamente, los colectores tubulares en la sección de entrada y salida de gas de la membrana de celda han presentado un obstáculo para el flujo de gas, que ha dado como resultado un campo de flujo no homogéneo del gas que fluye a través de la membrana de celda. Según el documento US2011/0269048A1 se sugieren canales de gas curvo, que guían al gas alrededor de los obstáculos a las regiones situadas detrás de los obstáculos. Por lo tanto, se puede obtener una distribución más uniforme de flujo de gas y compensar el impacto negativo de los obstáculos sobre el flujo de gas.

45 El suministro de reactivos y la descarga de la solución presentada en el documento EP 1 864 347 B1 requieren según el documento US 7 632 586 B2 un procedimiento de fabricación relativamente complicado para las placas de interconexión. Para evitar esto, las unidades CAE planas son colocadas una sobre otra con las capas de interconexión formadas como placas metálicas planas dispuestas entre unidades CAE contiguas. Los pasos respectivos para el combustible y el oxidante se forman en las capas de ánodo y cátodo.

Además se tienen que tener en cuenta los efectos de expansión de la unidad CAE y las estructuras para suministrar la unidad CAE con reactivos y conducir los reactivos lejos de allí.

Además, los electrodos e interfaces tienden a degradarse tan pronto como se alcanzan temperaturas excesivas.

50 Debido a la reacción exotérmica, se requiere por tanto un enfriamiento activo de las celdas unitarias, que puede ser alcanzado principalmente mediante refrigeración por aire. Para limitar los gradientes de temperatura y las diferencias de temperatura excesivas en la unidad CAE y en las estructuras de distribución de gas, se requiere una distribución adecuada del aire refrigerante en la celda unitaria. Para limitar las diferencias de temperatura, se requiere un gran exceso de aire refrigerante con respecto a la cantidad que sería necesaria para la propia reacción electroquímica. Este exceso de aire implica pérdidas adicionales en el equilibrio de la planta, en particular debido al consumo de las

soplantes de aire. Estas pérdidas pueden reducirse sin embargo si la caída de presión en la pila es baja, es decir, si la estructura de distribución de gas para el aire en la pila presenta una baja resistencia al flujo de aire.

Un inconveniente adicional del uso de exceso de aire es el transporte de especies de envenenamiento en el electrodo de aire. Se conoce especialmente que el cromo volátil puede ser liberado por los componentes metálicos situados aguas arriba de la pila y transportado a la pila por la corriente de aire. El cromo volátil tiende a depositarse en los electrodos de aire por reacciones electroquímica y química. En particular, el cromo volátil reacciona espontáneamente con el estroncio contenido en los electrodos. Además, se puede depositar electroquímicamente cómo óxido de cromo en la interfaz de electrodo/electrodo, reduciendo por ello el número de regiones reactivas. No solamente se conoce que el cromo, sino que también el silicio, azufre y otras especies afectan además la durabilidad del electrodo de aire.

Un problema asociado con las pilas de celda de combustible de la técnica anterior es el desarrollo de picos de temperatura local sobre la superficie de un electrodo, que normalmente forma una capa plana.

Si ocurren tales picos de temperatura local, se puede alterar la cinética de reacción y se puede formar un punto caliente local. Tal punto caliente es indeseado ya que implica una gran tensión en los materiales, causando una expansión térmica local, que puede conducir a alabeos o deformaciones de los materiales de capa afectados. Debido al hecho de que los materiales cerámicos de los electrodos o el electrolito son frágiles, pueden ser sometidos a grietas y eventualmente romperse si se someten a variaciones sustanciales de temperatura local.

La ocurrencia de tal punto caliente puede ser reducida drásticamente aumentando el flujo de aire refrigerante, y por diseño adecuado de la estructura de distribución de aire que contacta con la unidad CAE y por tanto puede servir como estructura de disipación de calor. El efecto de la tensión térmica puede ser mitigado además en principio por una pila que tiene una configuración similar a la que se ha mostrado en el documento US 6 670 068 B1. Así una pluralidad de unidades CAE están en contacto eléctricamente conductivo con una placa de contacto y un elemento de guiado de fluido está formado como parte metálica en forma de lámina y conectado a la placa de contacto de una manera estanca a los fluidos mediante soldadura blanda o soldadura con aporte. Por ello las placas de contacto definen una cámara de fluido que tiene un gas combustible o un agente oxidante que fluye a través de éste durante la operación de la unidad de celda de combustible. La parte metálica en forma de lámina está dispuesta con una pluralidad de corrugaciones que le dan una estructura ondulada. La estructura ondulada como tal puede compensar parte de la expansión térmica de la unidad CAE y del elemento de guiado de fluido en operación. Sin embargo, debido al contacto local de los picos de onda o pasos de onda con el electrodo respectivo, el elemento de guiado de fluido tiene que seguir la expansión térmica del electrodo. Si el elemento de guiado de fluido no tiene suficiente elasticidad la tensión debida a la expansión térmica es introducida al electrodo. Los electrodos están formados de cerámica sólida, frágil. Así, si una tensión elevada es introducida a los electrodos, se pueden formar grietas, que finalmente destruirán el electrodo. Además la conexión de soldadura de aporte o soldadura blanda prevista entre el elemento de guiado de fluido y el ánodo contribuye también a la rigidez de la construcción. En particular si se utilizan los materiales que tienen un coeficiente diferente de expansión térmica, las tensiones pueden finalmente conducir a daños del electrodo y pueden dañar la membrana de celda en cuestión. En particular el flujo de reactivos puede alterarse o puede ocurrir una mezcla directa de ellos si se rompe la membrana de celda, conduciendo a una combustión espontánea. Así se pueden formar puntos localmente calientes, lo que puede inducir la expansión térmica local y así el desarrollo adicional de la tensión local.

Una solución adicional para mitigar los efectos de la tensión térmica y expansión térmica es proporcionada en el documento WO2004/021488. Esta solución prevé un bastidor de un primer y segundo elemento en forma de lámina que encierra un paso de combustible. Una unidad CAE está unida al primero de los elementos en forma de lámina estando el ánodo dispuesto inmediatamente adyacente al primer elemento en forma de lámina sobre el lado opuesto del paso de combustible. El combustible alcanza el ánodo atravesando el primer elemento en forma de lámina, que está provisto de perforaciones para este propósito. El segundo elemento con forma de lámina es estanco al fluido y sirve como un elemento de separación para separar el flujo de combustible del flujo de gas que contiene óxidos, tal como aire. Un buen contacto eléctrico es asegurado previendo una tela metálica en el paso de combustible y previendo otra tela metálica adicional sobre el segundo elemento en forma de lámina en el lado opuesto del paso de combustible. La estructura de soporte del documento WO 2004/021488 puede expandirse así con bastante libertad, y la estrecha vinculación de la unidad CAE con los elementos en forma de lámina juega un papel de una estructura de disipación de calor.

Los documentos EP1742285A1, WO96/34421A1, US2008/0280177A1 y EP1830426A1 describen elementos de distribución de gas. Una desventaja de tales elementos de distribución de gas es que la distribución del gas no es homogénea, de manera que puede ocurrir una pérdida de combustible en ciertas áreas en la unidad de cátodo-ánodo-electrolito, y aumenta el riesgo de sobrecalentamiento local.

De este modo es un objeto de la invención mejorar las celdas de combustible existentes, para hacerlas más fiables, y permitir una fabricación más barata.

Compendio de la invención

- El objeto de la invención es obtenido mediante un elemento de distribución de gas para una celda de combustible o un dispositivo electrolizador que tiene un rendimiento aumentado, en particular mediante una celda de combustible de óxido sólido, más conocida como SOFC o dispositivo electrolizador de óxido sólido, más conocido como SOEC
- 5 que tiene un elemento de distribución de gas. En particular la invención permite proporcionar una distribución homogénea de gas reactivo sobre el electrodo de combustible negativo, lo que es ventajoso para el rendimiento de la celda de combustible, en particular un SOFC o un SOEC. Además, mejora la distribución de temperatura sobre el electrodo y por consiguiente sobre la celda unitaria que comprende una unidad de cátodo-electrolito-ánodo.
- La solución según la invención es el objeto de la reivindicación 1. Las reivindicaciones 2 a 11 dependientes se refieren a otras configuraciones o realizaciones ventajosas de la invención. La reivindicación 12 está dirigida a una celda de combustible o a un dispositivo electrolizador. La reivindicación 13 se refiere a un método de operación de un elemento de distribución de gas de una celda de combustible o a un dispositivo electrolizador. La reivindicación 14 dependiente se refiere a operaciones adicionales del método.
- 10 El elemento de distribución de gas para una celda de combustible o un dispositivo electrolizador permite la distribución adecuada del gas reactivo sobre el electrodo de combustible de la celda de combustible así como el contacto eléctrico adecuado con esta última. Esta invención se refiere así al elemento de distribución de gas y su construcción en una celda de combustible o pila de dispositivo electrolizador.
- 15 La celda de combustible está configurada normalmente como una pila de celdas de combustible compuesta de una pluralidad de celdas unitarias. Así las celdas unitarias son combinadas de una manera modular en tal pila de celdas de combustible de manera que se consiga el nivel de salida de tensión y energía requerido para la aplicación. El apilamiento implica así conectar múltiples celdas unitarias en serie mediante interconexiones o placas bipolares eléctricamente conductivas.
- 20 Así, el elemento de distribución de gas para una celda de combustible, en particular una celda de combustible de óxido sólido, o un dispositivo electrolizador comprende una primera capa y una segunda capa, estando dispuestas dicha primera y segunda capas con una estructura de distribución de gas que forma un patrón para un flujo de fluido para un primer fluido reactivo, y eventualmente un segundo fluido reactivo.
- 25 La segunda capa es un elemento de homogeneización, que tiene primeras aberturas en donde al menos algunas de las primeras aberturas tienen una longitud y una anchura, siendo la longitud mayor que la anchura y extendiéndose la longitud en una dirección transversal a la dirección principal del flujo de fluido. Así dicho patrón comprende en particular una pluralidad de canales en donde la segunda capa contiene aberturas, que tienen una longitud que se extiende transversalmente a la dirección principal del flujo. La estructura de distribución de gas comprende también aberturas, que forman un patrón de estructuras de canal o un sistema de canal.
- 30 Si la expresión "o" es utilizada en esta solicitud para combinar dos alternativas, ha de comprenderse tanto la combinación de ambas alternativas así como la presencia de solamente una de las alternativas. Si no se refiere específicamente a una celda de combustible, las características pueden ser aplicadas bien a celdas de combustible o bien a dispositivos electrolizadores.
- 35 Si el elemento de distribución de gas es operado en una celda de combustible, el primer electrodo es un cátodo y el segundo electrodo es un ánodo y el flujo de fluido reactivo está dirigido al cátodo. Para celdas de combustible o dispositivos electrolizadores se puede emplear una pluralidad de fluidos reactivos, al menos un primer fluido reactivo y un segundo fluido reactivo. El primer fluido reactivo es el fluido que puede reaccionar con O_2 en una reacción exotérmica en el modo de operación de la celda de combustible o puede ser disociado en una reacción endotérmica mientras que se forma O_2 en el modo de electrólisis. Es típicamente cualquier mezcla de H_2 , N_2 , H_2O , CO , CO_2 , amoníaco, CH_4 y cualesquiera otros gases de hidrocarburos. Dependiendo de la operación como celda de combustible o dispositivo electrolizador y sobre el tipo de celda de combustible, se varía la mezcla de gas. El
- 40 segundo fluido reactivo es gas que contiene O_2 , preferiblemente aire. En el caso de un dispositivo de electrólisis, ha de observarse que no se requiere necesariamente un suministro externo de este gas que contiene O_2 .
- 45 Para una celda de combustible de óxido sólido o un dispositivo electrolizador es esencial que el fluido reactivo sea distribuido homogéneamente y extendido sobre el electrodo correspondiente con el fin de maximizar su eficiencia y garantizar una operación fiable. En la práctica, esto requiere que la estructura de distribución de gas formada como un sistema de canal o estructura porosa presente una resistencia homogénea al flujo de gas, por consiguiente una caída de presión uniforme. Para el sistema de canal, esto requiere normalmente una geometría muy precisa, implicando tolerancias de fabricación muy ajustadas e incurriendo por tanto en costes elevados.
- 50 El elemento de homogeneización puede comprender segundas aberturas. En particular, las segundas aberturas tienen una longitud y una anchura, siendo la longitud mayor que la anchura y extendiéndose la anchura en una dirección transversal a la dirección principal de fluido. Ésta primera o segunda aberturas pueden formar estructuras en forma de canal, que están dispuestas en particular rectangulares o inclinadas a los canales dispuestos en la primera capa. Esto tiene la ventaja, de que el fluido que fluye dentro de la estructura de distribución de gas que forma en particular una abertura en la primera capa puede ser dirigido por una estructura de distribución de gas
- 55

- dispuesta sobre la primera capa hacia la abertura de la segunda capa. Las aberturas de la primera y segunda capas proporcionan un trayecto para el fluido y se forma así un paso de fluido sobre o a través de la estructura de distribución de gas. Siempre que el fluido reactivo respectivo fluye sobre o a través de la estructura de distribución de gas de la primera capa éste entra en la abertura de la segunda capa por encima de la estructura de distribución de gas de la primera capa, es decir, entra en la abertura de la segunda capa por encima de la estructura de distribución de gas de la primera capa y es distribuido a un canal en la primera capa que continúa detrás de tal estructura de distribución de gas y de las aberturas contiguas de la primera capa debido al hecho de que se prevé que las primeras aberturas tengan una longitud y una anchura y que su longitud sea mayor que su anchura y que su longitud se extienda en una dirección transversal a la dirección principal del flujo de fluido.
- 5
- 10 La primera o segunda aberturas en la segunda capa pueden estar formadas en particular como agujeros, que tienen secciones transversales rectangulares, cuadradas o redondas. La estructura de distribución de gas forma un patrón para el flujo de fluido de la primera capa que puede comprender al menos uno de los canales, canales interrumpidos, estructuras tridimensionales, protuberancias en particular, tales como pasadores, estructuras de rejilla o estructuras de espuma, tales como estructuras de espuma continuas o interrumpidas. Estas estructuras pueden fabricarse de metal macizo o poroso o cerámicas conductoras. Ventajosamente se prevé una estructura de canal que consiste de una sola lámina o un par de láminas, que forma un elemento de distribución de gas junto con la segunda capa o la capa de homogeneización.
- 15
- Se puede obtener un contacto eléctrico entre las diferentes capas del elemento de distribución de gas, mediante contacto mecánico, soldadura por aporte, soldadura dura o capas finas de contacto.
- 20 Cada una de la primera y segunda capas pueden servir bien como un cátodo o bien como un ánodo. Su función se puede invertir dependiendo de la naturaleza del electrolito o la operación del elemento de distribución de gas para una celda de combustible o un dispositivo electrolizador. Un primer reactivo es rico en oxígeno, por ejemplo aire. Un segundo reactivo contiene al menos uno de los elementos H_2 , CO , CO_2 , H_2O , amoníaco o gases que contienen carbono.
- 25 Puede estar prevista una tercera capa, que es en particular una capa base. Además puede estar prevista una capa de soporte, que es en particular utilizada como una capa de distribución de gas para el electrodo de oxígeno.
- El elemento de distribución de gas tiene las siguientes ventajas: el elemento de homogenización permite corregir defectos presentes en la estructura de distribución de gas de la primera capa. Por lo tanto, se pueden aplicar procesos de producción económicos para la primera y segunda capa, mientras que mantienen una alta calidad de la distribución de gas. Además, se pueden producir pilas en diferentes combinaciones con distintos impactos. El sistema de celda de combustible o el dispositivo electrolizador pueden ser adaptados para una variedad de usos dependiendo de su necesidad. Bajo el impacto, se comprenden las dimensiones de longitud y anchura totales del nivel más bajo de la pila de celdas de combustible.
- 30
- 35 En una realización, se obtuvo el 65% de eficiencia eléctrica basándose en el valor de calentamiento inferior del combustible sobre un módulo de pila en una prueba en el Instituto Federal Suizo de Tecnología (EPFL). La pila fue alimentada con metano reformado al vapor (relación de 2 de vapor a carbono) y se operó a $750^\circ C$ con una densidad de potencia de 250 mW/cm^2 .
- Con tales eficiencias, la generación distribuida de electricidad en unidades dimensionadas en kW que utilizan tecnología SOFC es más eficiente que la generación centralizada en plantas dimensionadas en MW que utilizan la mejor turbina de gas de ciclo combinado disponible (CCGT).
- 40
- La capa cerámica de difusión de gas que es colocada sobre cualquier lado de la celda de combustible de óxido sólido que, a su vez, está emparedada entre dos interconexiones metálicas reduce el coste total de la pila haciéndola menos compleja y menos cara de fabricar en cuanto a materiales se refiere.
- 45 Así las unidades son utilizadas como una fuente alternativa de energía eléctrica para suministrar electricidad a los hogares que implica al menos una pila de 0,5 kW y preferiblemente una pila de 2,5 kW.
- Según una realización, la estructura de distribución de gas de la primera capa está al menos parcialmente obstruida por al menos un elemento de barra. Se ha de considerar el elemento de barra como un obstáculo al flujo de fluido a través de la estructura de distribución de gas de la primera capa. El elemento de barra puede ser cualquier tipo de barrera o elemento de estrangulación, que fuerza al flujo de fluido a desviarse de proseguir en la dirección principal del flujo de fluido, o que crea una restricción local del diámetro hidráulico de los canales de flujo.
- 50
- Al menos algunas de la primera y segunda aberturas de la segunda capa pueden tener forma de perforaciones, en particular como agujeros. La primera y segunda capas forman así un elemento de distribución de gas, que está compuesto al menos de una lámina metálica. En el elemento de distribución de gas, al menos una capa de la lámina metálica forma una estructura de canal que mira hacia la capa perforada. La particularidad de la capa perforada es presentar una serie de agujeros alargados que se extienden sustancialmente perpendiculares a los canales de distribución de combustible y que permiten mezclar el gas de varios canales en el entorno próximo a intervalos regulares a lo largo de la dirección de flujo.
- 55

5 Ventajosamente la longitud de las perforaciones es mayor que la anchura del elemento de barra. Cualquiera del primer y segundo fluido reactivo puede pasar así sobre el obstáculo formado por el elemento de barra y por tanto el flujo se desvía de la dirección principal del flujo permitiendo una mezcla de la corriente a través de un canal con corrientes que pasan a través de los canales adyacentes. Según una realización, una porción de las aberturas, en particular las que tienen forma de perforaciones, tienen una longitud mayor que la anchura y o bien la longitud o bien la anchura se extienden en la dirección principal del flujo de fluido. En particular la anchura de las primeras aberturas se extiende en la dirección principal del flujo de fluido o la longitud de las segundas aberturas se extiende en la dirección principal del flujo de fluido. La estructura de distribución de gas dispuesta sobre la primera capa y al menos una de las primeras y segundas aberturas están en contacto fluido.

10 Una capa de soporte, que forma una capa adicional, puede estar prevista para una distribución uniforme de o bien uno de los primeros o bien uno de los segundos fluidos reactivos en un electrodo. Según una realización una pluralidad de aberturas de entrada para el fluido reactivo respectivo están previstas sobre al menos una de la primera y segunda capas. Previendo una pluralidad de aberturas de entrada, se puede obtener una distribución más uniforme del flujo de fluido. Una ventaja adicional es la distribución más uniforme de calor, permitiendo así hacer uso eficiente de toda la superficie reactiva proporcionada por la unidad CAE.

15 Además las estructuras de distribución de gas que forman el patrón para el flujo de fluido, en particular al menos alguna de la primera y segunda aberturas pueden ser fabricadas por estampación, o grabado. Según una realización alternativa, la capa de soporte forma una pieza monolítica con la primera capa. Según una realización, la primera capa comprende una primera lámina que contiene perforaciones y una segunda lámina que forma la capa base. La capa de soporte puede estar dispuesta sobre el lado opuesto de la capa base o de la primera capa.

20 Además, la invención se refiere a una celda de combustible o a un dispositivo electrolizador que comprende un elemento de distribución de gas según cualquiera de las realizaciones precedentes.

25 En particular, el área total abierta de las primeras aberturas es al menos del 20% de la superficie de contacto total del electrodo negativo de la unidad cátodo-ánodo-electrolito, preferiblemente al menos aproximadamente del 30% de la superficie de contacto total, más preferiblemente al menos aproximadamente del 50% de la superficie de contacto total. Por lo tanto se ha obtenido una distribución lateral del gas que fluye a través del elemento de distribución de gas, que permite una distribución de fluido más homogénea y por consiguiente una temperatura de fluido más uniforme.

30 Un método para operar un elemento de distribución de gas para una celda de combustible o un dispositivo electrolizador comprende las siguientes operaciones: un primer fluido reactivo fluye a lo largo de un primer lado del elemento de distribución de gas, un segundo fluido reactivo fluye a lo largo de un segundo lado del elemento de distribución de gas y el primer o segundo fluido reactivo proporciona reactivos, iones que llevan carga y electrones a una unidad de cátodo-ánodo-electrolito sobre cualquiera de los lados del mismo, de tal manera que los iones que llevan carga pueden atravesar el electrolito para realizar una reacción electroquímica. El elemento de distribución de gas comprende una primera capa y una segunda capa, estando dispuestas dichas primera y segunda capas con una estructura de distribución de gas que forma un patrón para un flujo de fluido, en donde la segunda capa es un elemento de homogeneización, que tiene primeras aberturas o segundas aberturas que tienen una longitud y una anchura, siendo la longitud mayor que la anchura y extendiéndose la longitud de al menos alguna de las primeras aberturas en una dirección transversal a la dirección principal del flujo de fluido de tal manera que el flujo a través del elemento de homogeneización es distribuido uniformemente sobre la superficie de la segunda capa. Así, la superficie reactiva corresponde en gran parte con la superficie del elemento de distribución de gas y se llevan a cabo reacciones electroquímicas uniformemente sobre toda la superficie del elemento de homogeneización.

35 40 45 Aplicaciones principales para SOFC están en los campos de alimentación de energía remota, generación de energía distribuida, calor y potencia combinados (CHP), unidades de energía auxiliar (APU) para camiones, autobuses, y barcos, energía portátil y conversión de biogas eficiente.

Breve descripción de los dibujos

50 Estas y otras características y ventajas de la invención serán comprendidas y apreciadas más completamente a partir de la siguiente descripción de ciertas realizaciones ejemplares de la invención tomadas junto con los dibujos adjuntos, en los que números similares representan compuestos similares. La invención es descrita en detalle en combinación con una celda de combustible. Es obvio que la invención cubre también un dispositivo electrolizador.

La fig. 1 es una vista esquemática de un sistema SOFC,

La fig. 2 es una vista isométrica sobre un elemento de distribución de gas según una primera realización de la invención,

La fig. 3 es una vista en sección transversal de una celda unitaria según una segunda realización de la invención,

55 La fig. 4 es una vista en despiece ordenado de una celda unitaria de una tercera realización de la invención,

- La fig. 4A es una vista ampliada de la capa de soporte,
- La fig. 4B es una vista en despiece ordenado de otra realización de un elemento de distribución de gas,
- La fig. 4C es una vista en despiece ordenado de otra realización de un elemento de distribución de gas,
- La fig. 4D es otra realización de una segunda capa, la capa de homogeneización,
- 5 La fig. 4E es otra realización de una segunda capa, la capa de homogeneización,
- La fig. 5 es una vista superior parcial de dos capas contiguas de un elemento de distribución de gas,
- La fig. 6A es una vista superior parcial de una capa perforada de un elemento de distribución de gas,
- La fig. 6B es una sección a lo largo de la línea A-A de la fig. 6A,
- La fig. 6C es una sección a lo largo de la línea B-B de la fig. 6A,
- 10 La fig. 6D es una sección ampliada de un elemento de distribución de gas ideal a lo largo de la línea C-C de la fig. 4 pero sin la capa de soporte,
- La fig. 6E es una sección de un elemento de distribución de gas sin una capa de homogeneización,
- La fig. 6F es una sección ampliada a lo largo de la línea C-C de la fig. 4 de un elemento de distribución de gas que comprende una capa de homogeneización,
- 15 La fig. 6G es una vista esquemática que muestra condiciones ideales de flujo de un gas combustible a través de un elemento distribución de gas,
- La fig. 6H es una vista esquemática que muestra condiciones reales de flujo de un gas combustible a través de un elemento de distribución de gas,
- 20 La fig. 6I es una vista esquemática que muestra condiciones reales de flujo de un gas combustible a través de un elemento de distribución de gas adicional,
- La fig. 6K es una sección de un elemento de distribución de gas sin una capa de homogeneización,
- La fig. 6L es una sección de un elemento de distribución de gas similar al que se ha mostrado en la fig. 6K pero comprendiendo el elemento de distribución de gas una capa de homogeneización,
- 25 La fig. 7A es una vista esquemática que muestra condiciones ideales de flujo de un gas combustible a través de una capa de distribución de gas de una unidad de celda de combustible,
- La fig. 7B es una vista esquemática que muestra condiciones reales diseñadas de forma óptima de flujo del gas combustible a través de una unidad de celda de combustible,
- La fig. 7C es una vista esquemática que muestra condiciones de flujo del gas combustible a través de una unidad de celda de combustible según la técnica anterior,
- 30 La fig. 7D es una vista sobre una pila de unidades de celda de combustible con un flujo según las condiciones mostradas en la fig. 7B,
- La fig. 7E es una vista sobre una pila de unidades de celda de combustible con un flujo según las condiciones mostradas en la fig. 7C,
- 35 La fig. 8 es una sección a través de una pluralidad de capas consecutivas de unidades de celda de combustible de una pila,
- La fig. 8A es una vista en sección detallada de la fig. 8,
- La fig. 8B es una sección de una vista lateral esquemática de una pila de celdas de combustible.

Descripción de las realizaciones preferidas

- 40 La fig. 1 muestra un sistema 100 de celda de combustible de óxido sólido (SOFC) según la invención. El sistema de celda de combustible de óxido sólido comprende un alojamiento 101, que contiene una pila 103 de celda de combustible que está compuesta por una pluralidad de unidades 50 de celda de combustible, por lo que las unidades de celda de combustible son denominadas también en este documento celdas 50 unitarias. El alojamiento descansa sobre una base 102. El sistema de celda de combustible o equilibrio de planta incluye un intercambiador 106 de calor para calentar los reactivos así como unidades de preparación reactivas para proporcionar los reactivos

en la composición correcta y el caudal correcto para la celda de combustible, que no se han mostrado en los dibujos. Las pilas están dispuestas con elementos 104, 105 de descarga de reactivo.

La pila puede estar configurada como se ha mostrado en el documento US 7632586 B2, donde se aplican un contacto de electrodo particular y la estructura de distribución de gas. En la técnica anterior, una pila basada en esta tecnología ha sido desarrollada para aplicaciones de calor y energía remotos micro-combinados (CHP) de aproximadamente 1 kW. Está caracterizada por caídas de presión bajas y puede conseguir densidades de potencia de 1 kW/l o 400 mW/cm² con eficiencias eléctricas de aproximadamente el 45%. Las pilas pueden ser alimentadas con combustible con gas natural reformado, gas reformado o hidrógeno. Esta pila distribuye el aire de forma externa y el combustible de forma interna y recupera la corriente de evacuación de combustible. La corriente de evacuación puede ser utilizada en la postcombustión o reciclada para reformarla (equilibrio de planta adaptado dado). El uso del documento US 7632586 B2 mejora la tolerancia al ciclo térmico de la pila, evitando la degradación adicional del rendimiento debido al ciclo térmico. Con los dos prototipos recientes que combinan la presente invención con la tecnología descrita en el documento US 7632586 B2, se ha medido un rendimiento mejorado. Una conversión máxima de combustible del 94% se ha conseguido con eficiencias que alcanzan el 61% utilizando hidrógeno como combustible y el 69% utilizando metano. Además, se han conseguido hasta 50 ciclos térmicos sin daños significativos sobre una pila corta del tipo combinado. Esto está muy por encima de los resultados anteriores basándose en el manejo exclusivo de flujo reactivo como se ha descrito en el documento US 7 632 586 B2.

Para la distribución de reactivos se prevé un elemento 10 de distribución de gas que es representado en detalle en la fig. 2. El elemento de distribución de gas está dispuesto entre dos unidades 5 de cátodo-ánodo-electrolito contiguas. Bajo una celda 50 unitaria, ha de comprenderse una unidad que está compuesta de una unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito y el elemento 10 de distribución de gas.

El elemento 10 de distribución de gas es utilizado para proporcionar al menos el gas combustible al electrodo respectivo.

En una realización ventajosa adicional el elemento 10 de distribución de gas es utilizado también para proporcionar el oxígeno que contiene reactivo, es decir el agente de oxidación, y un combustible, es decir el gas combustible, al electrodo respectivo. En esta realización el elemento 10 de distribución de gas es utilizado para el agente, y un combustible, es decir el gas combustible, al electrodo respectivo. En esta realización el elemento 10 de distribución de gas es utilizado para proporcionar el primer fluido reactivo, que es rico en oxígeno, y el segundo fluido reactivo, que contiene el combustible, al electrodo respectivo. El elemento 10 de distribución de gas descrito en la fig. 2 comprende una entrada 16 de combustible y una salida 18 de combustible, de manera que el combustible proporcionado mediante la entrada 16 fluye dentro del elemento 10 de distribución de gas en dirección lineal del flujo 9 desde la entrada 16 a la salida 18. En la fig. 2 la primera capa 2 está dispuesta por debajo de la segunda capa 3.

Para la operación como una unidad 50 de celda de combustible, que es denominada también en este documento celda 50 unitaria, el oxígeno que contiene reactivo es suministrado al electrodo 51 positivo de oxígeno que actúa como un cátodo.

Para una operación de la celda 50 unitaria como un dispositivo electrolizador, el oxígeno que contiene reactivo es suministrado al mismo electrodo 51 positivo de oxígeno que actúa como un ánodo.

En una realización ventajosa el elemento 10 de distribución de gas es utilizado para proporcionar el oxígeno que contiene reactivo al electrodo 51 positivo de oxígeno de la unidad 5 cátodo-ánodo-electrolito CAE y un segundo reactivo que comprende el combustible a su electrodo 53 negativo. Tal elemento 10 de distribución de gas comprende preferiblemente una capa de soporte, comprendiendo la capa 4 de soporte canales que conducen el fluido para el oxígeno que contiene reactivo.

En la mayoría de los casos el reactivo que contiene oxígeno es aire, sin embargo también se pueden suministrar oxígeno puro o un gas que contiene oxígeno al elemento 10 de distribución de gas. El segundo reactivo, el gas combustible, contiene cualquier mezcla de H₂, CO, H₂O, CO₂, metano, amoníaco, otros hidrocarburos o disolventes opcionales.

En una realización preferida, el segundo reactivo (combustible) es distribuido dentro del elemento 10 de distribución de gas. El electrodo 53 negativo de la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito CAE está mirando así hacia una segunda capa 3 del elemento 10 de distribución de gas.

El elemento 10 de distribución de gas puede preverse para una celda de combustible PEFC, AFC o MCFC, así su aplicación no está limitada de ninguna manera a SOFC. El elemento 10 de distribución de gas combina tres funciones esenciales de la pila 103 de celda de combustible: logra la recogida de corriente desde los electrodos 51, 53; distribuye el reactivo, en particular el combustible y preferiblemente también el gas que contiene oxígeno entre y sobre las celdas; y comprende un elemento 1 base cuyo propósito es cerrar herméticamente los pasos de reactivo entre ellos y contra el entorno. El elemento 1 base es denominado también placa bipolar.

El elemento 10 de distribución de gas permite así integrar la distribución de gas de la celda 50 unitaria, permitiendo el uso de chapas finas, metálicas no mecanizadas como se ha mostrado por los números de referencia 1, 2, 3 y/o 4,

que por ejemplo pueden ser fabricadas mediante estampación, perforado, grabado en relieve o grabado químico, lo que significa una fabricación barata, en lugar de cara, de placas bipolares estructuradas. La capa 1 base y/o la primera capa 2 y/o la segunda capa 3 y/o la capa 4 de soporte pueden ser fabricadas mediante estampación, grabado en relieve, perforación o grabado químico o mediante prensado en caliente, tal como metalurgia de polvo de grafito, moldeo. El elemento 10 de distribución de gas puede fabricarse de tal manera que la capa 1 base, la primera capa 2, la segunda capa 3, o cualquier combinación de las mismas son unidas juntas por cualquier técnica de unión adecuada tal como soldadura de aporte, soldadura dura, pegado o unión reactiva, o cualquier combinación de las mismas, para contacto eléctrico y/o sellado.

La pila 103 de celda de combustible propuesta incluye según una aplicación preferida entre 1 y 100 celdas unitarias, correspondientes a una energía eléctrica nominal de 16-5000 W.

La realización mostrada en la fig. 3 muestra una vista en sección de una disposición de una celda unitaria que comprende una unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito y un elemento 10 de distribución de gas según una segunda realización de la invención. El elemento 10 de distribución de gas según la segunda realización mostrada en la fig. 3 está compuesto de una capa 1 base, una segunda capa 3 y una primera capa 2. La primera capa 2 contiene también aberturas; sin embargo la sección es colocada de tal manera que las porciones recortadas de las aberturas no son visibles en la fig. 3. La unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito está compuesta de un primer electrodo 51, un segundo electrodo 53 y un electrolito 52 emparedado entre el primer y segundo electrodos 51, 53. La unidad 50 de celda comprende además cierres herméticos 31 laterales, que proporcionan un cierre hermético al gas para los bordes de la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito y las capas 55 de contacto y el elemento 10 de distribución de gas. En una realización adicional la celda 50 unitaria puede comprender también una capa 4 de soporte para suministrar el primer fluido reactivo que contiene oxígeno al primer electrodo 51. El segundo fluido reactivo que comprende el combustible es suministrado al segundo electrodo 53 por encima de la primera capa 2 y respectivamente de la segunda capa 3.

La fig. 4 muestra una vista en despiece ordenado de un elemento 10 de distribución de gas y una unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito según una tercera realización de la invención. La unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito está compuesta de un primer electrodo 51, un segundo electrodo 53 y un electrolito 52 emparedado entre el primer y segundo electrodo 51, 53. Normalmente una capa 54, 55 cerámica de difusión de gas está dispuesta sobre ambos lados de los electrodos 51, 53 que no se ha mostrado en la fig. 4, pero que por ejemplo se ha mostrado en la fig. 8A.

El elemento 10 de distribución de gas para una celda 50 de combustible o un dispositivo electrolizador comprende una capa 1 base, una primera capa 2 y una segunda capa 3; dicha primera capa 2 y segunda capa 3 están dispuestas con una estructura 11 de distribución de gas que forma un patrón para un flujo de fluido. La primera capa 2, descrita en la fig. 4, define un patrón de flujo mediante un número de canales 13 puestos uno al lado del otro, de manera que el gas combustible que entra en la primera capa 2 puede fluir en la dirección principal del flujo 9. Los canales 13 se extienden en dirección lineal. Los canales 13 comienzan preferiblemente sobre un lado de la primera capa 2 en un lado 2b de entrada, también denominado entrada, y los canales 13 terminan preferiblemente sobre el otro lado de la primera capa 2, en el lado 2c de salida, también denominado salida, por lo que el lado 2b de entrada está conectado con un suministro 9a de gas combustible, y por lo que la salida 2c está conectada hidráulicamente a una salida 9b de gas de evacuación. En la fig. 3 se puede ver una vista en sección del elemento 10 de distribución de gas a lo largo de la línea C-C. La primera capa 2 comprende una pluralidad de barras 2a de canal espaciadas formando los canales 13 entre ellas. Como se ha descrito en la fig. 4 la primera capa 2 puede comprender canales 12, 14 adicionales que se extienden en dirección lineal, y que conectan hidráulicamente los canales 13 con la entrada 2b respectivamente la salida 2c.

La segunda capa 3 es un elemento de homogeneización que comprende aberturas 15 que conectan hidráulicamente al menos dos canales 13 puestos uno al lado del otro, para compensar y homogeneizar la cantidad de fluido en los canales 13 respectivos. En la fig. 3 se ha descrito una abertura 15 que conecta hidráulicamente tres canales 13. La segunda capa 3 tiene primeras aberturas 15 que están configuradas como aberturas rectangulares que tienen una longitud 28 y una anchura 29. La longitud es mayor que la anchura. La longitud 28 se extiende transversalmente a la dirección principal del flujo 9 de fluido; la anchura 29 se extiende en la dirección principal del flujo 9 de fluido. La segunda capa 3 puede tener también segundas aberturas 6 que tienen una longitud 7 y una anchura 8, siendo la longitud 7 mayor que la anchura 8 y extendiéndose la anchura 8 en una dirección transversal a la dirección principal del flujo 9 de fluido.

La primera capa 2 también denominada capa de canal, tiene una pluralidad de canales 12 de entrada, una pluralidad de canales 13 consecutivos y una pluralidad de canales 14 de salida. Los canales 12 y 13 consecutivos están separados por un elemento 23 de barra. Los canales 13 y 14 consecutivos están separados también por un elemento 23 de barra. Los elementos 23 de barras son necesarios para conectar las barras 2a.

Estas segundas aberturas 6 de la segunda capa 3 forman estructuras a modo de canal, que están dispuestas en particular rectangulares o inclinadas a los canales 12 de entrada dispuestos en la primera capa 2. Esto tiene la ventaja, de que el fluido que fluye dentro de los canales 12, 13, 14 de la primera capa 2 puede ser dirigido por un elemento 23 de barra, que es parte de la primera capa 2, dispuesto sobre la primera capa hacia la abertura 6 de la segunda capa 3 como se ha descrito en la fig. 2. La abertura 6 forma así un paso de fluido entre los canales 12 y 13

consecutivos, o entre los canales 13 y 13 consecutivos, o entre los canales 13 y 14 consecutivos atravesando el elemento 23 de barra a través de la abertura 6. Siempre que el fluido fluye sobre el elemento 23 de barra entra en la abertura 6 por encima del elemento 23 de barra y es distribuido a un canal 13 consecutivo, respectivamente 14. Una ventaja de tal realización es que la primera capa 2 y la segunda capa 3 pueden ser fabricadas muy baratas utilizando chapas metálicas finas.

Ventajosamente cada canal 12 de entrada es continuado con un canal 13 consecutivo y un canal 14 de salida. Estos canales 12, 13, 14 pueden tener la misma sección transversal y pueden estar dispuestos uno detrás del otro. Ventajosamente se prevé una pluralidad de canales 12 de entrada, canales 13 consecutivos y canales 14 de salida como se ha descrito en la fig. 4. Cada uno de los canales 12 de entrada puede estar dispuesto paralelo al canal 12 de entrada contiguo correspondiente, lo mismo puede aplicarse también a los canales 13 consecutivos o a los canales 14 de salida.

La primera capa 2 y la segunda capa 3 pueden estar formadas sobre chapas separadas como se ha mostrado en la fig. 4; sin embargo, pueden ser combinadas también en una sola chapa. Además, la primera capa 2 puede ser fabricada como una chapa que tiene perforaciones correspondientes a los canales 12, 13, 14 que está dispuesta más allá de una chapa 1 base que forma la base para los canales 12, 13, 14. Esta solución puede ser ventajosa para la fabricación de los canales. Además una variedad de formas considerable está disponible para las perforaciones. Las perforaciones pueden ser perforadas convenientemente fuera de la chapa, cortadas por láser o grabadas o conformadas también como inserciones perdidas que son retiradas después de la colada o moldeo de la capa. Se prevén así una capa 1 base y la segunda capa 3 como chapas separadas que pueden proporcionar una simplificación en la fabricación por la aplicación de una mayor variedad de métodos de fabricación para fabricar las capas 1, 2, 3.

Además están previstas dos aberturas 16, 17 de entrada para que el reactivo que comprende el combustible, que es el gas combustible, entre en el elemento 10 de distribución de gas. Además pueden estar previstas las dos aberturas 18, 19 de salida para el producto de reacción fluido, que es el gas residual, para dejar el elemento 10 de distribución de gas.

En una realización adicional una capa 4 de soporte puede estar dispuesta sobre el lado de la capa 1 base o puede estar conectada a la capa 1 base. En una realización preferida la capa 4 de soporte tiene la forma de un segundo elemento de distribución de gas. La fig. 4 muestra el trayecto de flujo del agente O de oxidación, teniendo la capa de soporte canales 20. La fig. 4A muestra una vista ampliada de una estructura preferida de la capa 4 de soporte, por lo que el trayecto de flujo del agente O de oxidación es dividido en dos trayectos de flujo O1, O2, de manera que cada trayecto fluye en un canal 20 a lo largo de un lado de la capa 4 de soporte.

La fig. 4B muestra una realización adicional de un elemento 10 de distribución de gas. Estando hecha la capa 1 base y la primera capa 2 que define el patrón de flujo de una sola pieza. En esta realización no existe la necesidad de los elementos 23 de barra para mantener las barras 2a, ya que las barras 2a están conectadas con la capa 1 base, de manera que la pluralidad de canales 13 se extiende en dirección lineal, uno al lado del otro, por lo que los canales 13 comienzan en el lado 2b de entrada y finalizan en el lado 2c de salida, de manera que los canales conectan hidráulicamente el lado 2b de entrada con el lado 2c de salida. Ya que el elemento 23 de barra no es necesario, tampoco son necesarias las aberturas 6 para conectar hidráulicamente los canales 12, 13, 14 consecutivos en la segunda capa 3 como se ha descrito en la fig. 4B.

La fig. 4C muestra una realización adicional de un elemento 10 de distribución de gas. La primera capa 2 comprende una estructura 2d porosa, tal como una pieza de esponja metálica o tela metálica, por lo que la estructura porosa está dispuesta sobre la capa 1 base. La primera capa 2 define un trayecto de flujo que comienza en el lado 2b de entrada y finaliza en el lado 2c de salida, de manera que la estructura porosa conecta hidráulicamente el lado 2b de entrada y el lado 2c de salida, de manera que la estructura porosa define un trayecto de flujo que se extiende en dirección lineal.

La fig. 4D muestra una realización adicional de una segunda capa 3, un elemento homogeneizador. En contraste a la realización descrita en la fig. 4B, que muestra una segunda capa 3 de forma rectangular, la fig. 4D muestra una segunda capa 3 de forma circular. En contraste con la realización descrita en la fig. 4B, que muestra una primera capa 2 de forma rectangular con canales 13 que se extienden paralelos, una primera capa adaptada a la segunda capa 3 descrita en la fig. 4D tendría una forma circular y comprendería canales 13 que se extienden lineales en dirección radial, comenzando en el centro en la entrada 2b de combustible, que está en la misma ubicación que la abertura 16 de entrada de combustible, y finalizando en la periferia, donde hay prevista una salida 2c de combustible que rodea de forma preferible totalmente la primera y segunda capas 2, 3, de manera que el gas 9a combustible dentro del elemento 10 de distribución de gas fluye en dirección radial. Solamente unos pocos canales 13 son mostrados en la fig. 4D. La segunda capa 3 comprende una pluralidad de aberturas 15 que se extienden en dirección circunferencial, atravesando las aberturas 15 de forma transversal los canales 13 de la primera capa 2, de manera que algunos de los canales 13 adyacentes están conectados hidráulicamente mediante aberturas 15 respectivas. Un elemento 10 de distribución de gas que comprende una primera y segunda capas 2, 3 como se ha descrito en la fig. 4D es por tanto de forma circular. Para construir una unidad 50 de celda de combustible circular, una unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito circular puede ser dispuesta sobre la parte superior de la segunda capa 3,

y una capa 4 de soporte podría ser dispuesta por debajo de la primera capa 2, de manera que se consiga la unidad 50 de celda de combustible, similar a la descrita en la fig. 4, pero con canales 13 que se extienden radialmente en la primera capa 2, y canales 20 que se extienden radialmente en la capa 4 de soporte. La primera capa 2 dispuesta por debajo de la segunda capa 3 puede ser también una estructura tridimensional tal como pasadores, rejillas, estructuras de malla o estructuras de esponja, teniendo la primera capa 2 una forma circular y una dirección de flujo 9a, 9b, 9c de fluido que se extiende en dirección radial, en particular en dirección lineal desde una entrada 2b a una salida 2c, y extendiéndose las primeras aberturas 15 de la segunda capa 3 en dirección circunferencial. En una realización ventajosa no hay canales dentro de la estructura de esponja, pero la estructura porosa de la esponja permite que un fluido fluya dentro de la esponja de manera que el fluido está fluyendo en una dirección del flujo 9a, 9b, 9c de fluido dentro de la primera capa 2.

La fig. 4E muestra una realización adicional de una segunda capa 3 de forma rectangular que comprende aberturas 15 que se extienden en dirección circular. En contraste con la segunda capa 3 descrita en la fig. 4D, las aberturas 15 de la segunda capa 3 descrita en la fig. 4E están dispuestas en tres grupos 9x de aberturas 15 de dimensiones similares, por lo que estos grupos 9x son desplazados respectivamente entre sí en dirección circunferencial. Tal disposición de las aberturas 15 aumenta el efecto de homogeneización sobre el flujo del combustible que pasa a los canales 13. La segunda capa 3 descrita en la fig. 4E comprende una salida 2c de combustible circunferencial que recoge el gas residual a los puertos 18/19 de salida de combustible de manera que el combustible en la primera capa 2 puede fluir primero en la dirección radial 9u y después en la dirección 9v a la salida 2c de combustible.

La fig. 5 muestra una vista superior parcial de la primera y segunda capas 2, 3 de un elemento 10 de distribución de gas de la tercera realización en una vista parcial como un corte parcial desde el lado superior del elemento 10 de distribución de gas. La vista en sección transversal de una porción de la primera capa 2 muestra alguno de los canales 13, uno al lado del otro y separados por una barra 2a de canal y alguno de los canales 14 de salida consecutivos, separado por el elemento 23 de barra de los canales 13. La primera capa 2 está dispuesta detrás de la segunda capa 3. La segunda capa 3 contiene primeras aberturas 15 que tienen una longitud 28 y anchura 29, extendiéndose la longitud 28 transversalmente, en esta realización perpendicular, a la dirección principal del flujo 9 de fluido.

La fig. 6A muestra una vista superior parcial de una segunda capa 3 perforada de una capa 10 de distribución de gas según cualquiera de la primera, segunda o tercera realizaciones de la invención, comprendiendo primeras aberturas 15 y subyaciendo a las barras 2a de canal. La fig. 6B, es una sección a lo largo de la línea A-A de la fig. 6A, que muestra la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito, comprendiendo la primera capa 2, barras 2a de canal, la segunda capa 3 y la capa 1 base. La capa 1 base y la primera capa 2 son fabricadas de distintas chapas. La fig. 6C muestra una sección a lo largo de la línea B-B de la fig. 6A. Como una diferencia a la fig. 6B la sección atraviesa una fila de aberturas 15, por tanto, la segunda capa 3 es interrumpida por las aberturas 15. Además, se muestran los canales 13 que se extienden paralelos en la primera capa 2.

La fig. 6D muestra una sección a lo largo de la línea C-C de la fig. 4, sin la capa 4 de soporte, en detalle. El elemento 10 de distribución de gas que consiste de tres capas, la capa 1 base, sobre la parte superior de la cual está dispuesta la primera capa 2, definiendo el patrón de flujo que comprende una pluralidad de canales 13 separados por barras 2a que se extienden paralelas en la dirección 9 de flujo. La segunda capa 3, que es la capa de homogeneización, está dispuesta sobre la parte superior de la primera capa 2. La segunda capa 3 comprende primeras aberturas 15 que se extienden perpendiculares a la dirección 9 de flujo. En la realización mostrada, las primeras aberturas 15 se extienden sobre tres canales 13, para conectar hidráulicamente los tres canales 13, de manera que un intercambio 9z de fluido podría tener lugar entre las tres corrientes de gas combustible 9a, 9b, 9c; 9d, 9e, 9f y a través de las primeras aberturas 15. La fig. 6D muestra un elemento 10 de distribución de gas ideal en que cada uno de los canales 13, K1...K6 tiene anchura idéntica y altura idéntica y resistencia de flujo idéntica, de manera que cada una de las corrientes de gas combustible 9a, 9b, 9c, 9d, 9e, 9f tienen aproximadamente el mismo caudal y aproximadamente la misma composición de gas y el flujo de difusión resultante de reactivos y productos de reacción a la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito, de manera que se produzca un menor o ningún intercambio de fluido 9z entre las corrientes de gas 9a, 9b, 9c; 9d, 9e, 9f dentro de las primeras aberturas 15. Además del intercambio de fluido 9z entre las tres corrientes de gas combustible 9a, 9b, 9c; 9d, 9e, 9f como se ha descrito, las primeras aberturas 15 tienen también el efecto, de que dentro de la primera abertura 15, que está mirando hacia la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito, la composición de gas que deja las corrientes 9a, 9b, 9c; 9d, 9e, 9f son mezcladas y homogeneizadas, antes de entrar en la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito. Por lo tanto, la composición de gas es homogeneizada antes de entrar en la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito, lo que garantiza que la unidad 5 es proporcionada con una cantidad suficiente de gas reactivo, incluso si una o incluso dos de las corrientes de gas 9a, 9b, 9c; 9d, 9e, 9f no proporciona suficiente gas. La unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito y la segunda capa 3 son mostrados solamente de forma esquemática.

La fig. 6F muestra una sección a lo largo de la línea C-C de la fig. 4 en detalle. En contraste con la fig. 6D que muestra un elemento 10 de distribución de gas ideal, La fig. 6F muestra una disposición común en la que los canales K1...K6 tienen formas ligeramente diferentes, por ejemplo, una anchura diferente, y por tanto diferente resistencia de flujo, lo que causa el efecto, de que las corrientes de gas 9a, 9b, 9c; 9d, 9e, 9f tienen diferentes caudales. La ventaja de la segunda capa 3 la capa de homogeneización, es, debido a que en las primeras aberturas 15 que conectan

hidráulicamente algunos de los canales K1, K2,K3;K4,K5,K6, ocurre un intercambiado 9z de fluido entre las corrientes de gas 9a, 9b, 9c; 9d, 9e, 9f de manera que se reduce la diferencia en el caudal entre las corrientes de gas 9a, 9b, 9c; 9d, 9e, 9f, lo que significa que las corrientes de gas son homogeneizadas, de manera que la composición de gas y el flujo de difusión resultante de reactivos y productos de reacción del gas combustible F a lo largo de la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito son armonizados.

La fig. 6E muestra la realización según la fig. 6F, pero sin la segunda capa 3. En ausencia de la capa de homogeneización, la composición de gas y el flujo de difusión resultante de reactivos y productos de reacción del gas combustible F a lo largo de la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito puede variar fuertemente, dependiendo de las diferentes formas de los canales K1...K6. Una ventaja de la segunda capa 3, la capa de homogeneización, es, por tanto, que la primera capa 2 se puede fabricar de una manera más barata, ya que el efecto de las variaciones en anchura de canal y/o altura de canal sobre las corrientes de gas 9a, 9b, 9c; 9d, 9e, 9f puede compensarse por la capa de homogeneización, permitiendo así fabricar un elemento 10 de distribución de gas barato y fiable.

La fig. 6G muestra una vista superior del elemento 10 de distribución de gas descrito en la fig. 6D, que muestra seis canales K1...K6 que se extienden en dirección paralela, tres canales K1,K2,K3;K4,K5,K6 que están conectados hidráulicamente por las aberturas 15, por lo que cada una de las corrientes de gas 9a, 9b, 9c; 9d, 9e, 9f tienen el mismo caudal. Una pluralidad de aberturas 15 están dispuestas y separadas en la dirección 9 de flujo.

La fig. 6H muestra una vista superior del elemento 10 de distribución de gas descrito en la fig. 6F, que muestra seis canales K1...K6 que se extienden en dirección paralela, tres canales K1,K2,K3;K4,K5,K6 que están conectados hidráulicamente por las aberturas 15, por lo que las corrientes de gas 9a, 9b, 9c; 9d, 9e, 9f que entran en el elemento 9 de distribución de gas tienen diferentes caudales. Una pluralidad de aberturas 15 están dispuestas y separadas en la dirección 9 de flujo, por lo que en cada una de las aberturas 15 puede ocurrir un intercambio 9z de fluido entre las corrientes de gas 9a, 9b, 9c; 9d, 9e, 9f de manera que se reduce la diferencia en caudal entre las corrientes de gas 9a, 9b, 9c; 9d, 9e, 9f. El elemento 10 de distribución de gas comprende las aberturas 15 por lo tanto asegura que ninguno de los canales K1...K6 es privado de gas, y que la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito no sufrirá agotamiento local de combustible. La capa 3 de homogeneización tiene por tanto el efecto, de que se evita el daño de la unidad 50 de celda de combustible debido a la pérdida de gas combustible en algunas áreas de la unidad 50 de celda de combustible. Además, tiene lugar en las aberturas 15 una homogeneización de composiciones por difusión y convección. Esto además reduce el riesgo de tener un área de la celda dañada por agotamiento local de gas combustible, incluso en el caso de que tenga uno de los canales K1...K6 por ejemplo obturado por cualquier residuo indeseado. En ese caso, los gases pueden eludir la parte obturada del canal a través de las aberturas 15 y el gas se difunde a través de la abertura 15 alrededor del canal obturado al electrodo.

La fig. 6I muestra una vista superior de una realización adicional de un elemento 10 de distribución de gas, que muestra seis canales K1...K6 que se extienden en dirección paralela, estando conectado hidráulicamente los canales K1, K2, K3; K4, K5, K6 mediante las aberturas 15, por lo que las corrientes de gas 9a, 9b, 9c; 9d, 9e, 9f que entran en el elemento 9 de distribución de gas tienen diferentes caudales. En contraste con la realización descrita en la fig. 6H, las aberturas 15 en la realización según la fig. 6I tienen diferente longitud 28, y por tanto pueden conectar hidráulicamente dos, tres, cuatro o incluso más canales K1...K6 que se extienden paralelos. Además, las aberturas 15 consecutivas separadas en la dirección 9 de flujo se pueden desplazar perpendiculares a la dirección de flujo 9 y/o pueden tener diferente longitud 28, conectando por tanto diferentes canales K1...K6.

La fig. 6L muestra una sección a lo largo de la línea C-C de la fig. 4C en detalle, comprendiendo la primera capa 2 una estructura 2d porosa a través de la cual fluye el gas combustible 9. En contraste con el elemento 10 de distribución de gas descrito en la fig. 6F que comprende canales K1...K6, el flujo de gas es más difuso en la capa porosa descrita en la fig. 6L, por lo tanto, las corrientes de gas 9a, 9b, 9c; 9d, 9e, 9f descritas en la fig. 6L muestran solamente la intensidad de flujo de combustible (magnitud) que fluye en la dirección 9 de flujo. El efecto de la segunda capa 3, la capa de homogeneización, es similar al efecto descrito en la fig. 6F, en la que la segunda capa 3 causa un intercambio 9z de fluido entre las corrientes de gas 9a, 9b, 9c; 9d, 9e, 9f, si las corrientes de gas tienen diferente composición de gas. Por lo tanto, la segunda capa 3 homogeniza el caudal de las distintas corrientes de gas 9a, 9b, 9c; 9d, 9e, 9f en la estructura porosa de la primera capa 2. Por lo tanto, la composición de gas y el flujo de difusión resultante de reactivos del gas combustible F a lo largo de la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito son armonizados.

La fig. 6K muestra la realización según la fig. 6L, pero sin la segunda capa 3. En ausencia de la capa 3 de homogeneización, la composición de gas y el flujo de difusión resultante de los reactivos del gas combustible F a lo largo de la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito puede variar fuertemente, dependiendo de la resistencia de flujo en la primera capa 2 porosa, similar al efecto descrito en la fig. 6E.

La fig. 7A es una vista esquemática que muestra condiciones de flujo ideales de un gas combustible a través de una capa de distribución de gas de una unidad 50 de celda de combustible, por lo que la unidad 50 de celda de combustible en este ejemplo comprende doce canales 13, poniendo uno al lado del otro, y por lo que las flechas indican el flujo del gas combustible en los canales 13 respectivos. El eje x del sistema de coordenadas muestra el flujo en el canal 13 respectivo en la dirección principal del flujo 9. El eje y muestra el número de canal de los doce canales K1-K12, dispuestos uno al lado del otro, como se ha indicado en la fig. 3. La fig. 7D muestra una pila de diez

unidades 50 de celdas de combustible, teniendo cada unidad 50 de celda de combustible doce canales 13, el número de canal descrito en las figs. 7A, 7B corresponde con un canal como se ha mostrado en la pila de celdas de combustible de la fig. 7D. La fig. 7B es una vista esquemática que muestra condiciones de flujo reales óptimas del gas combustible a través de una unidad 50 de celda de combustible, por lo que, debido al compromiso de construcción en el colector de gas, el flujo de gas combustible es inferior en los canales laterales 1 y 12 cerca de la cubierta, teniendo así la velocidad de flujo cerca de la cubierta de la unidad 50 de celda de combustible el valor más bajo.

La fig. 7D es una vista sobre una pila de unidades 50 de celdas de combustible, teniendo cada unidad 50 de celda combustible un flujo idéntico según las condiciones mostradas en la fig. 7B. Por lo tanto, el flujo promedio F1 a F10 de cada una de las diez unidades 50 de celdas de combustible es el mismo.

La fig. 7C es una vista esquemática que muestra condiciones de flujo reales del gas combustible a través de una unidad de celda de combustible según la técnica anterior, por consiguiente, una distribución muy heterogénea de la velocidad de flujo. La distribución heterogénea de la velocidad de flujo ocurre por ejemplo a partir de tolerancias de producción cuando se fabrica la unidad 50 de celda de combustible. La fig. 7C muestra el mismo campo de flujo diseñado que en la fig. 7B, pero con desviaciones importantes del diseñado debido por ejemplo a las tolerancias de fabricación. Esto es un problema típico en la técnica anterior. Las desviaciones son diferentes desde un elemento de distribución a otro, dependiendo de su fabricación. En el ejemplo descrito en la fig. 7C el canal que tiene el flujo de gas más bajo es el número 5, pero puede ser cualquier otro canal en otro elemento de distribución. Este flujo mínimo puede conducir a falta de combustible local y por consiguiente a limitaciones de rendimiento, al sobrecalentamiento local de la pila de celdas de combustible, o incluso a grietas en los materiales de electrolito, ánodo o cátodo, conduciendo posiblemente a una rotura de la unidad 5 CAE y posiblemente al mezclado de combustible y oxidante y a una combustión parásita, así a un daño severo prematuro de la pila o al menos de parte de la misma.

La fig. 7E es una vista sobre una pila de celdas de combustible que comprende diez unidades 50 de celda de combustible como se ha descrito en la fig. 7C. Las unidades 50 de celda de combustible presentan desviaciones aleatorias, variando la ubicación del flujo de canal mínimo de una a otra, por tanto la velocidad de flujo promedio en cada una de las unidades 50 de celda de combustible, indicada por la longitud de las flechas F1...F10, está distribuida aleatoriamente. Estas desviaciones aleatorias tienen un doble efecto: en primer lugar, el flujo total por unidad de celda de combustible varía entre las unidades 50 debido a diferentes resistencias al flujo de fluido, y en segundo lugar, la desviación acumulada desde un flujo promedio por canal (7A, caso ideal) resulta por consiguiente más importante. Por esta razón, en la técnica anterior, han de introducirse compensaciones, corrigiendo el flujo entrante en el colector de celda unitaria, ordenando lotes de celdas de unidad con caídas de presión estrechas, aumentando las especificaciones para tolerancias, o reduciendo además la tasa de conversión de combustible para reducir el riesgo operacional. Todo esto tiene un efecto sobre los costes de producción de la pila y sobre la eficiencia del sistema. Además, La fig. 7E muestra que, en las pilas de celdas de combustible según la técnica anterior, las condiciones de flujo en unidades 50 de celda de combustible contiguas, y respectivamente las condiciones de flujo en los elementos 10 de distribución de gas pueden variar significativamente.

El trabajo de modelado y experimental sobre celdas de combustible de óxido sólido ha mostrado cómo es de importante la homogeneidad de la distribución de combustible y la disposición de flujos para el rendimiento y fiabilidad de las celdas de combustible. La fig. 7A representa tal caso ideal para aire y combustible que fluyen en la misma dirección o en la dirección opuesta. Debido a los procesos de fabricación, se requieren a menudo algunos compromisos, que dan como resultado distribuciones de gas que difieren ligeramente del caso ideal que se ha mostrado en la fig. 7B. La investigación más reciente incluye el estudio del efecto de tolerancias de fabricación o propiedades de componentes no ideales en el rendimiento y la fiabilidad, permitiendo así evaluar la idoneidad de procesos industriales o diseños específicos para el rendimiento y la fiabilidad deseados.

El trabajo hecho por Cornu y Wuillemin (impactos de distorsiones geométricas aleatorias en el rendimiento y la fiabilidad de un SOFC (2011) Celdas de Combustible, 11(4), págs. 553-564) muestra en particular cómo la calidad de la distribución de combustible depende de las tolerancias de la profundidad de los canales en las estructuras de distribución de gas. La profundidad de los canales oscila normalmente desde 0,2 mm a 1-2 mm de escala, y su anchura varía más a menudo de 1 a 2 mm. Se encuentran a menudo profundidades del orden de 0,5 mm. En tales casos, las variaciones de profundidad de 0,05mm alrededor del valor objetivo tienen ya un impacto muy importante sobre la distribución de flujo. Un ejemplo de tal desviación es dado en la fig. 7C. Incluso si se pueden conseguir variaciones de profundidad de 0,05 mediante técnicas de fabricación adecuadas, el espacio entre la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito y el elemento 10 de distribución de gas puede variar también dependiendo de las capas de contacto intermedias utilizadas. Las variaciones de profundidad acumuladas para las secciones de canales efectivas son por tanto muy difíciles de mantener en el rango de desviaciones mencionados anteriormente. Por último, pero no menos importante, las capas o canales de contacto pueden deformarse lentamente con el tiempo, lo que conducirá en cualquier caso con el tiempo a una distribución pobre de combustible.

Cuando las celdas 50 unitarias son apiladas sobre la parte superior una de otra, los defectos de los elementos individuales se acumularán, conduciendo incluso a una desviación de los flujos aumentada en funcionamiento lo que es mostrado por el caso de la fig. 7E.

Cuando exactamente la misma cantidad de combustible es convertida en todas las celdas 50 unitarias de la pila de celdas de combustible, así se obtiene un flujo de corriente común, de manera que las áreas de las celdas 50 unitarias que presentan un flujo de combustible bajo son expuestas al riesgo de falta de combustible cuando se aumenta la conversión de combustible. Cuando se requiere una conversión grande para alcanzar un rendimiento elevado, una distribución pobre de combustible conducirá a limitaciones de rendimiento o al daño de la celda unitaria debido a la falta de combustible.

Ya que apenas hay ningún signo para el operador de que parte de la pila de celdas de combustible está sufriendo de carencia a menos que ya sea demasiado tarde, este tipo de problema es de gran importancia desde un punto de vista industrial y operativo.

La fig. 8 es una sección a través de una pluralidad de unidades 50 de celda de combustible consecutivas que forman una pila 103 de celda combustible, comprendiendo cada unidad 50 de celda combustible un elemento 10 de distribución de gas y una capa 4 de soporte según la realización que se ha mostrado en la fig. 4.

Así, la sección transversal de los canales 13 de combustible es dada y determinada por la geometría de la estructura de canal de la primera capa 2 y de la segunda capa 3 que es una placa perforada. Siendo la segunda capa 3 un elemento de homogeneización. Cualquier capa de contacto adicional opcional utilizada entre la última y la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito no tendrá influencia en el flujo. Además, la geometría de los agujeros 15 sobre la placa perforada, la segunda capa 3, permite un intercambio de fluido y mezcla del fluido a lo largo del trayecto de fluido de varios canales 13, poniendo los canales 13 uno al lado del otro a lo largo del trayecto de combustible, creando por tanto isobaras cercanas entre los canales en esos lugares, y creando por tanto un flujo medio adecuado entre los canales 13. Gracias a esto, cualquier desviación de geometría de cualquier canal 13 a lo largo del trayecto de flujo de fluido del gas combustible dentro del elemento 10 de distribución de gas es corregida permitiendo al gas combustible fluir entre canales 13 adyacentes, utilizando por tanto el efecto promedio para homogeneizar el reactivo respectivo del flujo de fluido de gas combustible respectivamente.

La fig. 8A es una vista en sección detallada de la fig. 8 que muestra en detalle los elementos 10 de distribución de gas con sus capas 4 de soporte correspondientes. Una unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito puede ser vista en el centro de la fig. 8A, por lo que una capa 4 de soporte está en contacto con la primera capa 54 que hace contacto con el gas y que difunde el gas sobre la parte superior de la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito, y por lo que la segunda capa 3, la capa de homogeneización, está en contacto con la segunda capa 55 que hace contacto con el gas y que difunde el gas sobre la parte inferior de la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito. La segunda capa 3 proporciona las primeras aberturas 15 que se extienden sobre los tres canales 13, para conectar hidráulicamente los tres canales 13, de manera que un intercambio 9z de fluido homogeneice el gas de combustión F que entra en la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito.

La capa 4 de soporte tiene una forma corrugada, que permite dividir el trayecto de flujo del agente de oxidación O en dos trayectos de flujo separados O1, O2, siendo el trayecto de flujo O1 el agente de oxidación que proporciona la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito con el agente de oxidación O3. El trayecto de flujo O2 sirve como agente de enfriamiento para enfriar la capa 1 base y/o la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito.

La fig. 8B muestra en una vista en sección una vista lateral esquemática de una pila 103 de celda de combustible que comprende cuatro elementos 10 de distribución de gas y tres unidades 5 de cátodo-ánodo-electrolito así como una capa 4 de soporte correspondiente entre ellas. El agente de oxidación O es proporcionado sobre un lado para todas las capas 4 de soporte, el agente de oxidación O es a continuación dividido para formar dos trayectos de flujo O1, O2 separados a lo largo de la capa 4 de soporte, y los dos trayectos de flujo O1, O2 separados son combinados dejando después la capa 4 de soporte, y los trayectos de flujo de todas las capas 4 de soporte son combinados también en un solo trayecto de flujo que sale de la pila 103 de celda de combustible.

La fig. 4 muestra una unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito que tiene una longitud 3a y una anchura 3b, que define una superficie 3c de contacto a través de la cual la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito entra en contacto con la segunda capa 3. La segunda capa 3 comprende la misma superficie 3c de contacto. Las primeras aberturas 15 de la segunda capa 3 están dispuestas dentro de la superficie 3c de contacto. En una realización preferida el área total de las primeras aberturas 15 es al menos del 20% del área total de las aberturas 15, 6 y otras encontradas dentro de la superficie 3c. Para proporcionar una distribución incluso más equitativa del gas combustible a lo largo de la superficie 3c de contacto en una realización más preferida el área total de todas las primeras aberturas 15 es al menos del 20% de la superficie 3c de contacto, y más preferiblemente aproximadamente del 30% y más preferiblemente del 40% al 50%.

Las primeras aberturas 15 descritas son mostradas con forma rectangular. Las primeras aberturas 15 pueden tener también otras formas, tales como una forma elíptica. La segunda capa 3 podría comprender también una pluralidad de primeras aberturas 15 de diferentes formas, tales como por ejemplo forma rectangular y elíptica sobre la misma segunda capa 3.

Un método ventajoso para homogeneizar un gas combustible en un elemento 10 de distribución de gas de una celda de combustible es, que el elemento 10 de distribución de gas comprende una primera capa 2 que conecta una

- 5 entrada 2b de combustible con una salida 2c, por lo que el combustible está fluyendo en una dirección de flujo 9, dentro de la primera capa 2, en particular en dirección lineal, y el elemento 10 de distribución de gas comprende una segunda capa 3 que comprende primeras aberturas 15, extendiéndose las primeras aberturas 15 en dirección transversal con respecto a la dirección de flujo 9, en donde el gas combustible que fluye a través de la primera capa 2 entra en las aberturas 15 de manera que el gas combustible es homogeneizado dentro de las primeras aberturas 15, y en donde las primeras aberturas 15 están en contacto con una unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito, de manera que el gas combustible desde dentro de las primeras aberturas 15 es proporcionado para la unidad 5 de cátodo-ánodo-electrolito.
- 10 En una operación del método ventajoso, al menos parte del gas combustible homogeneizado dentro de las primeras aberturas 15 fluye de nuevo a la primera capa 2.
- 15 En una operación del método ventajoso adicional, la primera capa 2 comprende una pluralidad de canales 13 dispuestos uno al lado del otro y que conectan la entrada 2b de combustible con la salida 2c de combustible, extendiéndose las primeras aberturas 15 en dirección transversal con respecto a los canales 13 y conectando hidráulicamente al menos dos canales 13 dispuestos uno al lado del otro, en donde el gas combustible, que fluye a través de los canales 13 respectivos, entra en la primera abertura 15, de manera que el gas combustible de los canales 13 respectivos es homogeneizado dentro de la primera abertura 15.
- 20 En una operación del método ventajoso, al menos parte del gas combustible homogeneizado dentro de las primeras aberturas 15 fluye de nuevo a los respectivos canales 13 de la primera capa 2 o se intercambia entre los canales respectivos 13 de la primera capa 2.
- 25 En una operación del método ventajoso al menos algunas de las primeras aberturas 15 se extienden perpendiculares a la dirección de flujo 9 de manera que el gas combustible cambia la dirección de flujo cuando fluye a través de las primeras aberturas 15.
- En una operación del método ventajoso al menos algunas de las primeras aberturas 15 se extienden perpendiculares a la dirección de flujo 9 de manera que la presión del gas combustible en la primera abertura 15 respectiva es igualada, de manera que la presión del gas combustible en la primera capa 2 subyacente o en los canales 13 respectivos subyacentes es igualada localmente.
- 30 La estructura se ha implementado en dos diseños de pila según el documento US 7 632 586 B2 y validada en funcionamiento. Se ha alcanzado una conversión de combustible máxima del 94% con eficiencias que alcanzan el 61% utilizando hidrógeno como combustible y el 69% utilizando metano. Esto está muy por encima de los primeros resultados basados en el manejo de flujo de reactivo como se ha descrito en el documento US 7 632 586 B2.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un elemento (10) de distribución de gas para una celda de combustible o un dispositivo electrolizador que comprende en secuencia una capa base (1), una primera capa (2) y una segunda capa (3), por lo que dicha primera capa (2) y dicha segunda capa (3) están dispuestas con una estructura (11) de distribución de gas que forma un patrón para un flujo de fluido de un primer fluido reactivo que es un gas combustible, en donde la segunda capa (3) es un elemento de homogeneización, que tiene primeras aberturas (15), en donde las primeras aberturas (15) tienen una longitud (28) y una anchura (29), siendo la longitud (28) mayor que la anchura (29), caracterizado por que la primera capa (2) comprende una entrada (2b) de combustible y una salida (2c) de combustible en donde la dirección principal del flujo (9) de fluido se extiende en la dirección lineal entre la entrada (2b) de combustible y la salida (2c) de combustible,
- por que la estructura (11) de distribución de gas de dicha primera capa (2) consiste de una pluralidad de canales (13) dispuestos uno al lado del otro, que se extiende lineal en la dirección principal del flujo (9) de fluido y que conecta la entrada (2b) de combustible con la salida (2c) de combustible,
- por que las primeras aberturas (15), que se extienden en dirección transversal con respecto a los canales (13), tienen tal longitud (28) y están dispuestas de tal manera que al menos dos canales (13) dispuestos uno al lado del otro están conectados hidráulicamente por las primeras aberturas (15),
- y por que la segunda capa (3) comprende una superficie (3c) de contacto para contactar una unidad (5) de cátodo-ánodo-electrolito, en donde las primeras aberturas (15) están dispuestas dentro de la superficie (3c) de contacto, y en donde la superficie total de todas las primeras aberturas (15) es al menos el 20% de la superficie (3c) de contacto, más preferiblemente al menos el 30% y más preferiblemente entre el 40% y el 50%.
- 2.- Un elemento (10) de distribución de gas según la reivindicación 1, en donde los canales (13) se extienden en paralelo entre sí, y en donde las primeras aberturas (15) se extienden perpendiculares a los canales (13).
- 3.- Un elemento (10) de distribución de gas según la reivindicación 1, en donde los canales (13) se extienden en dirección radial y las primeras aberturas (15) se extienden en dirección circunferencial.
- 4.- Un elemento (10) de distribución de gas según una de las reivindicaciones 1 a 3, en donde al menos algunos canales (13) de la primera capa (2) están obstruidos por un elemento (23) de barra, conectando el elemento (23) de barra al menos dos barras (2a) que están separadas y forman un canal (13) entre ellas, en donde la segunda capa (3) comprende una pluralidad de segundas aberturas (6), en donde las segundas aberturas (6) tienen una longitud (7) en la dirección principal del flujo (9) de fluido que es mayor que la anchura del elemento (23) de barra, y estando dispuesta la segunda abertura (6) más allá del elemento (23) de barra para conectar hidráulicamente al canal (13) y rodear el elemento (23) de barra.
- 5.- Un elemento (10) de distribución de gas según una de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además una capa (4) de soporte dispuesta al lado de la capa (1) base.
- 6.- Un elemento (10) de distribución de gas según la reivindicación 5, en donde la capa (4) de soporte comprende una pluralidad de canales (20) que se extienden en dirección lineal, guiando los canales (20) un segundo fluido reactivo, que es un agente oxidante.
- 7.- Un elemento (10) de distribución de gas según la reivindicación 6, en donde la capa (4) de soporte es una chapa corrugada que tiene canales (20, 20a, 20b) a ambos lados, en donde el propósito de los canales (20b) que miran hacia la capa (1) base es enfriar la capa (1) base mediante el segundo fluido reactivo, y el propósito de los canales (20a) en el lado opuesto es proporcionar una unidad de celda de combustible con el segundo fluido reactivo.
- 8.- Un elemento (10) de distribución de gas según una de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la capa (1) base y/o la primera capa (2) y/o la segunda capa (3) y/o la capa (4) de soporte son fabricadas mediante estampación, grabado en relieve, perforado o grabado químico o mediante prensado en caliente.
- 9.- Un elemento (10) de distribución de gas según una de las reivindicaciones precedentes, en donde la capa (1) base y la primera capa (2) o la primera capa (2) y la segunda capa (3) forman una pieza monolítica, en particular estando soldadas juntas.
- 10.- Un elemento (10) de distribución de gas según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, en donde la capa (4) de soporte forma una pieza monolítica con la capa (1) base o la capa (1) base y la primera capa (2).
- 11.- Un elemento (10) de distribución de gas según una de las reivindicaciones 1 a 10, en donde el área total de todas las primeras aberturas (15) es al menos el 20% del área total de todas las aberturas (15, 6) ubicadas dentro de la superficie (3c) de contacto, más preferiblemente al menos el 50%, y más preferiblemente entre el 60% y el 80%.
- 12.- Una celda de combustible o un dispositivo electrolizador, en particular una celda de combustible de óxido sólido o un dispositivo electrolizador de óxido sólido, que comprende un elemento (10) de distribución de gas según cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

13.- Un método para homogeneizar un gas combustible en un elemento (10) de distribución de gas de una celda de combustible, comprendiendo el elemento (10) de distribución de gas en secuencia una capa (1) base, una primera capa (2) y una segunda capa (3), comprendiendo la primera capa (2) una estructura (11) de distribución de gas que comprende canales (13) y comprendiendo la segunda capa (3) primeras aberturas (15), en donde el gas combustible que fluye a través de los canales (13) respectivos entra en las primeras aberturas (15) de manera que el gas combustible de los canales (13) respectivos es homogeneizado dentro de las primeras aberturas (15), y en donde las primeras aberturas (15) están en contacto con una unidad (5) de cátodo-ánodo-electrolito en una superficie (3c) de contacto y en donde las primeras aberturas (15) están dispuestas dentro de la superficie (3c) de contacto, de manera que el gas combustible procedente desde dentro de las primeras aberturas (15) es proporcionado a la unidad (5) de cátodo-ánodo-electrolito, caracterizado

por que la estructura (11) de distribución de gas que consiste de una pluralidad de canales (13) de extensión lineal dispuestos uno al lado del otro y que conectan una entrada (2b) de combustible con una salida (2c) de combustible, de manera que el gas combustible está fluyendo en una dirección de flujo (9) dentro de los canales (13) en dirección lineal,

por que las primeras aberturas (15) que se extienden en dirección transversal con respecto a la dirección de flujo (9) y que conectan hidráulicamente al menos dos canales (13) dispuestos uno al lado del otro, por que al menos parte del gas combustible homogeneizado dentro de las primeras aberturas (15) fluye de nuevo a los canales (13) respectivos de la primera capa (2) o es intercambiado entre los canales (13) respectivos de la primera capa (2),

y por que la superficie total de todas las primeras aberturas (15) a través de las cuales el gas combustible es proporcionado a la unidad (5) de cátodo-ánodo-electrolito es al menos el 20% de la superficie (3c) de contacto, más preferiblemente al menos el 30%, y más preferiblemente entre el 40% y el 50% de la superficie (3c) de contacto.

14.- El método de la reivindicación 13, en donde al menos algunas de las primeras aberturas (15) se extienden perpendiculares a la dirección (9) de flujo de manera que la presión del gas combustible en la primera abertura (15) respectiva es igualada, de manera que la presión del gas combustible en los canales (13) respectivos subyacentes es igualada localmente.

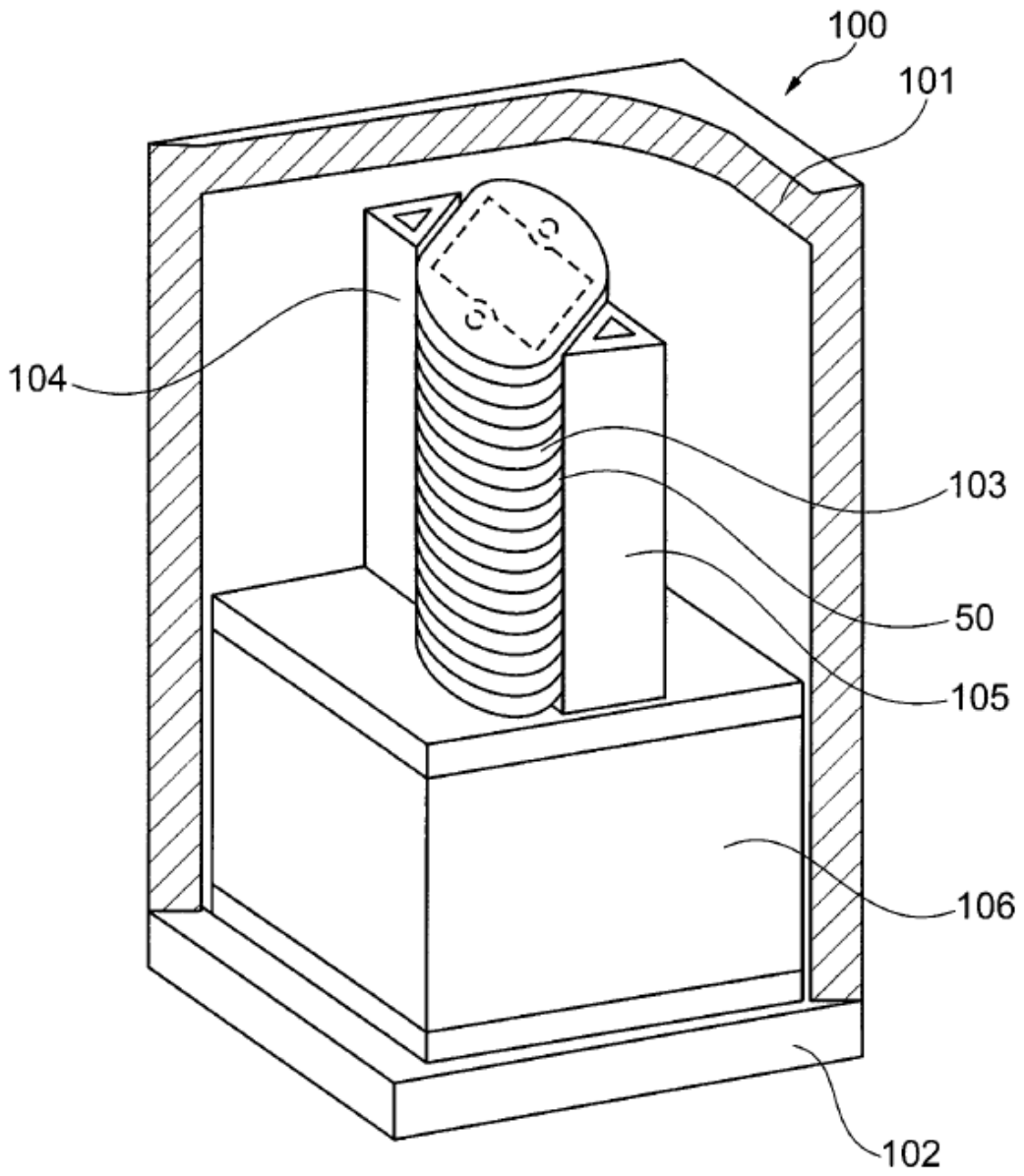


Fig. 1

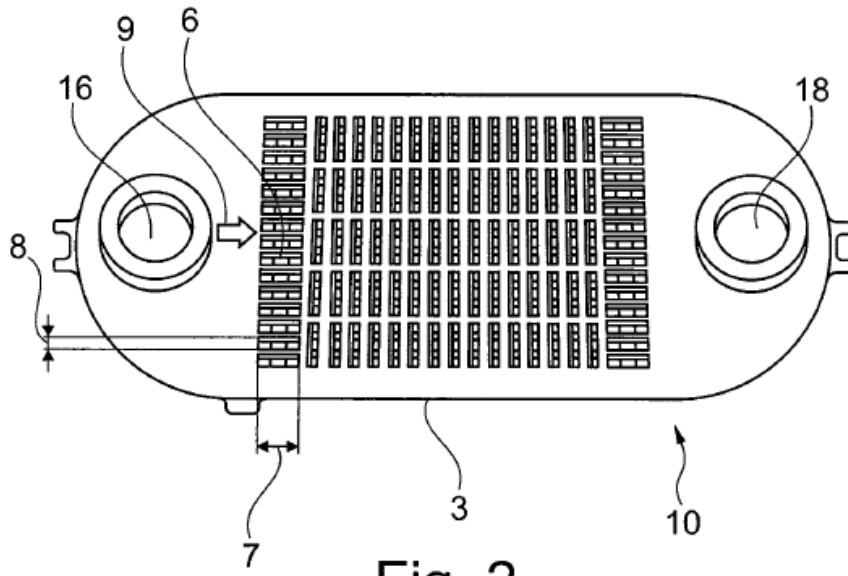


Fig. 2

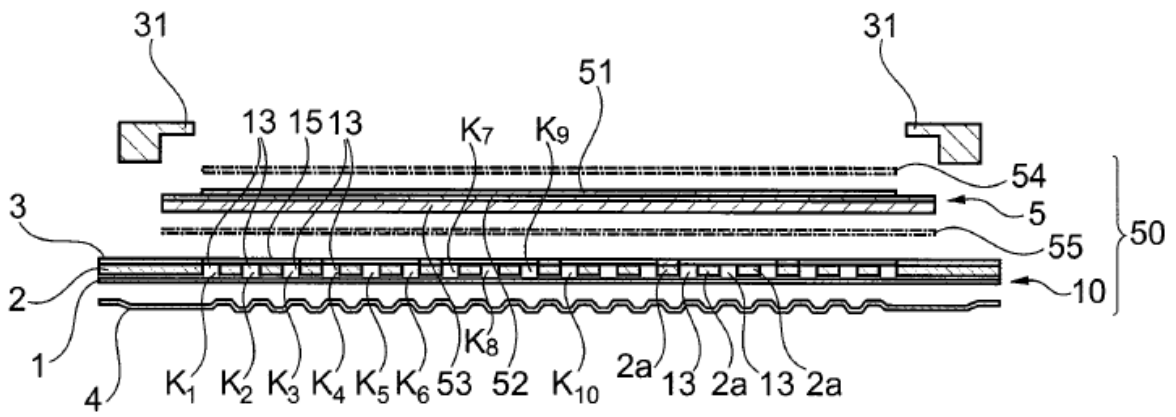


Fig. 3

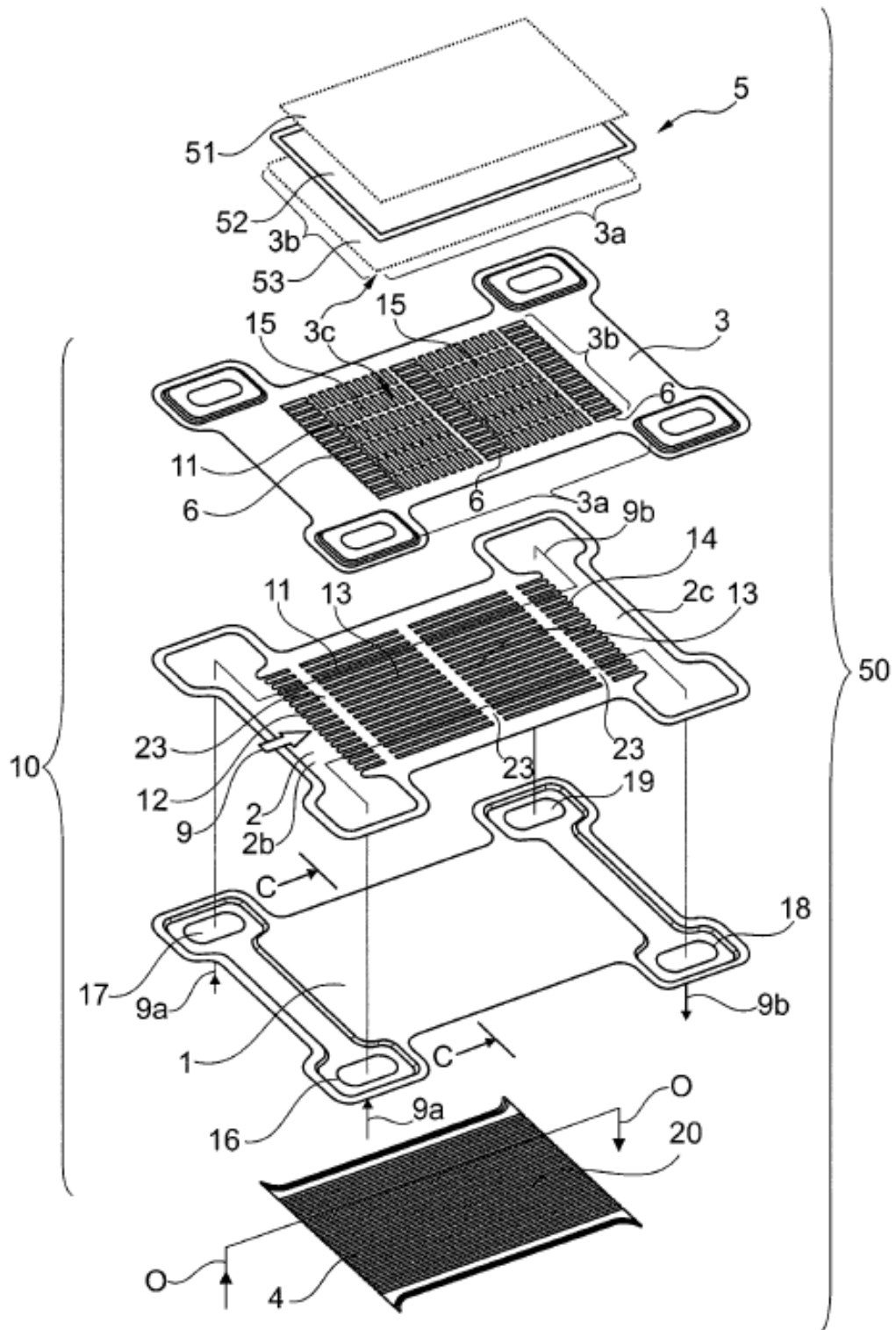


Fig. 4

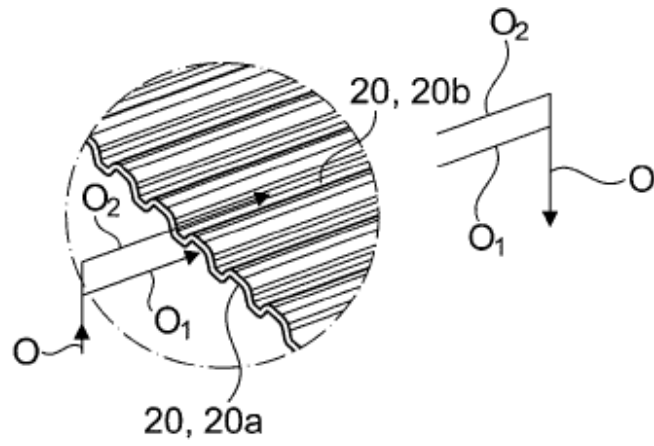


Fig. 4A

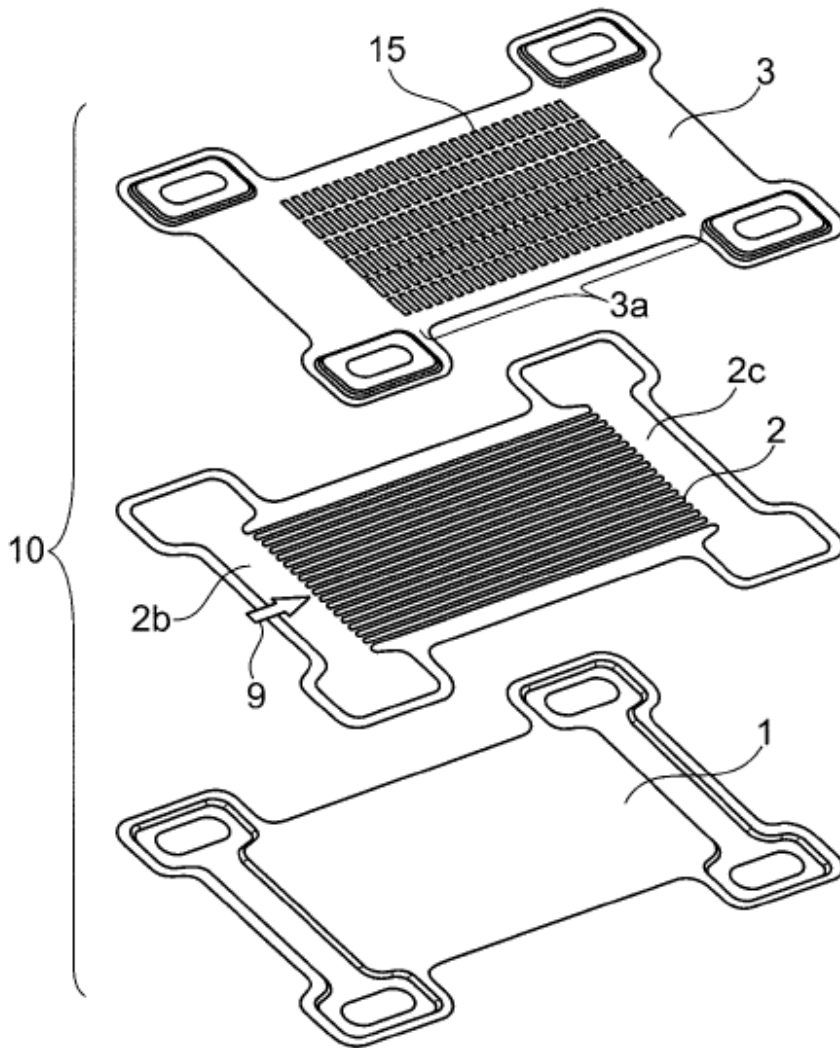


Fig. 4B

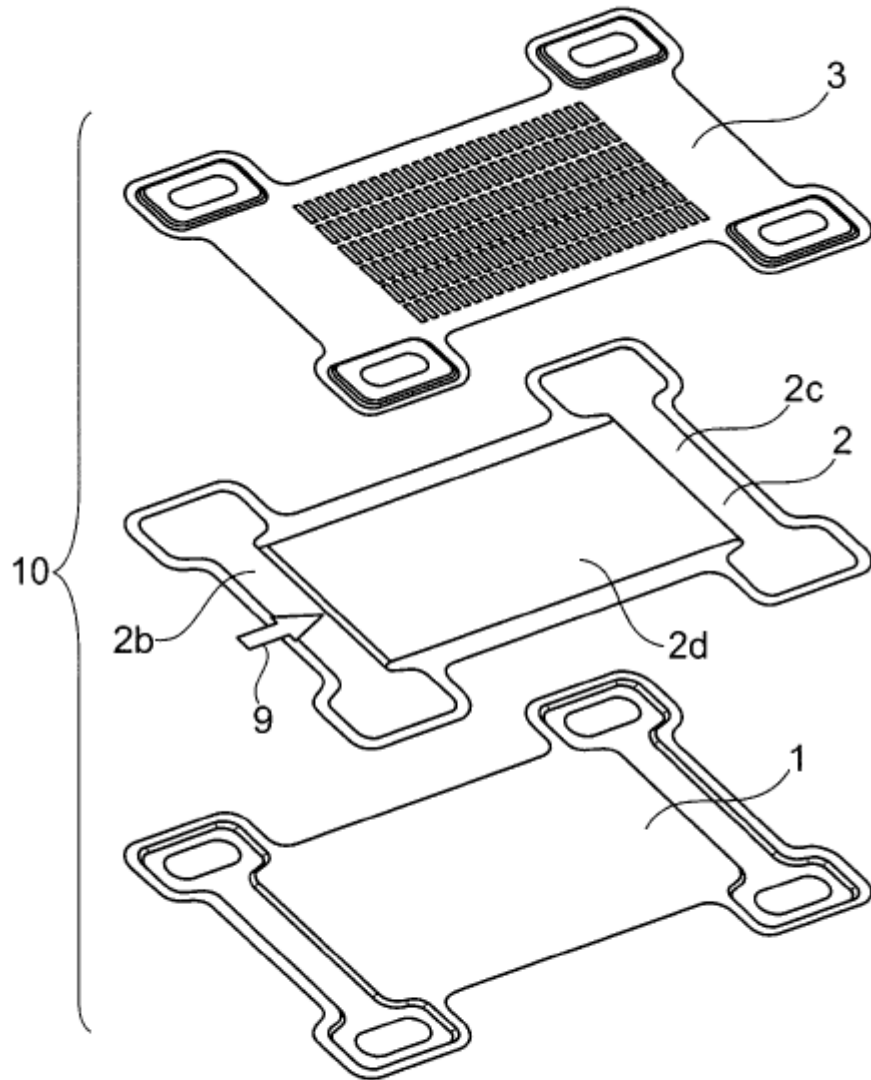


Fig. 4C

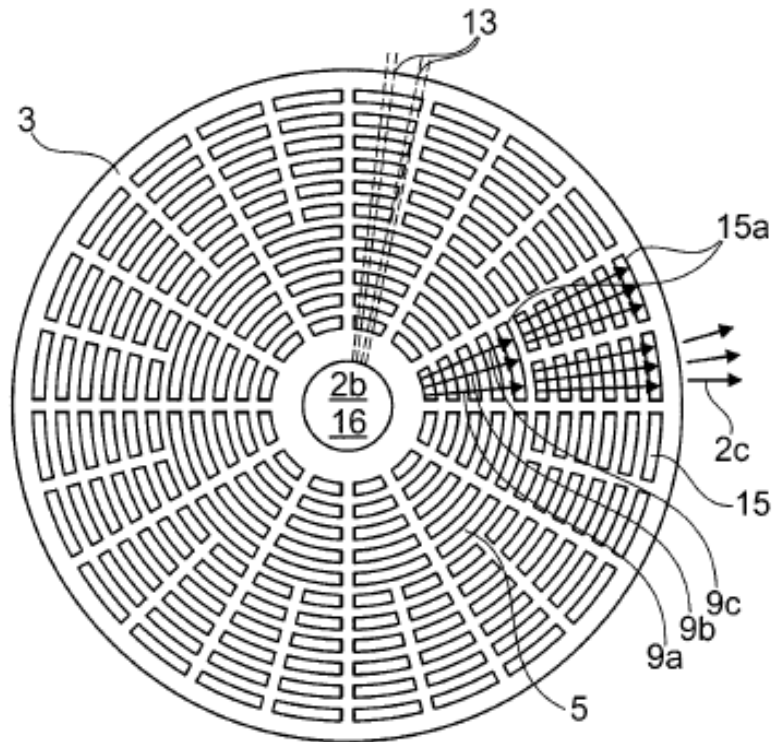


Fig. 4D

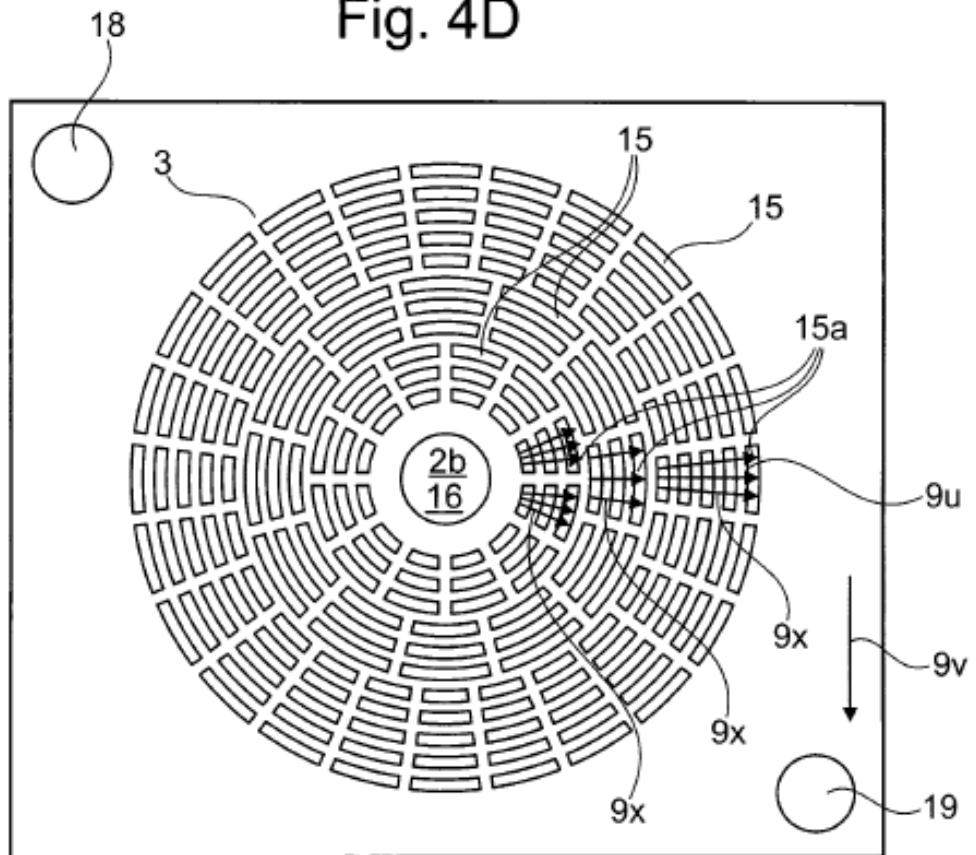


Fig. 4E

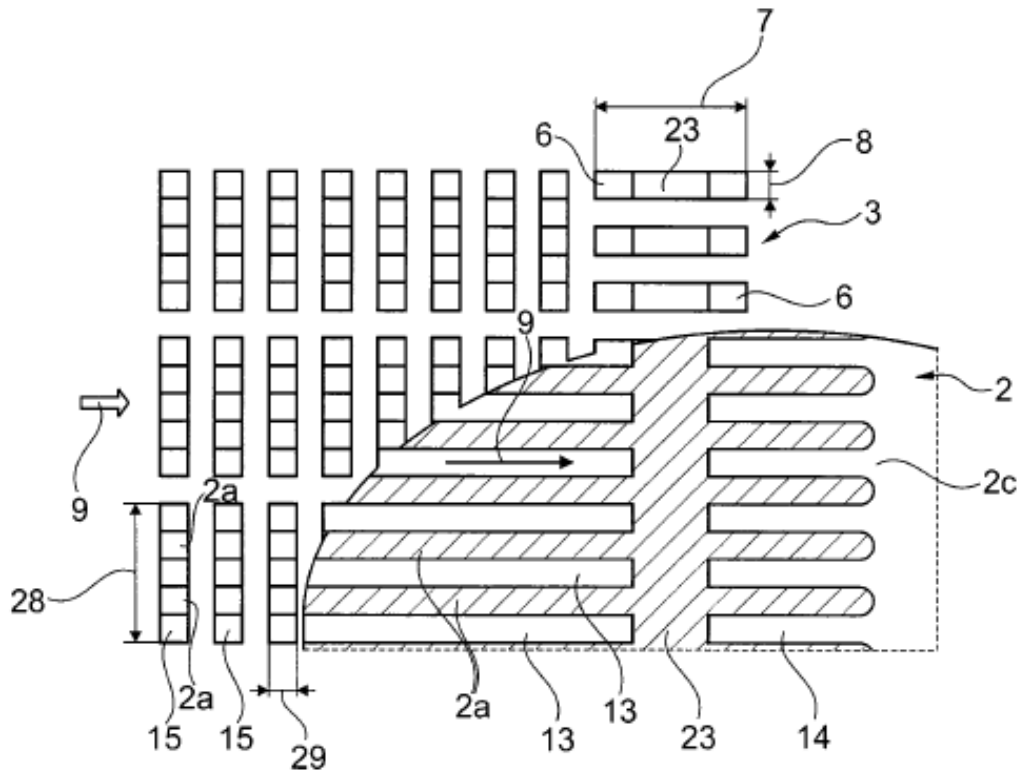


Fig. 5

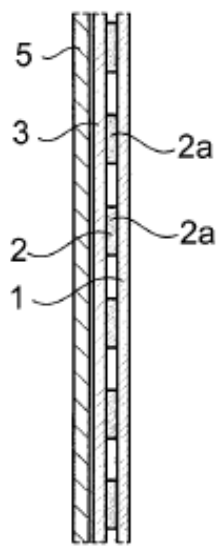


Fig. 6B

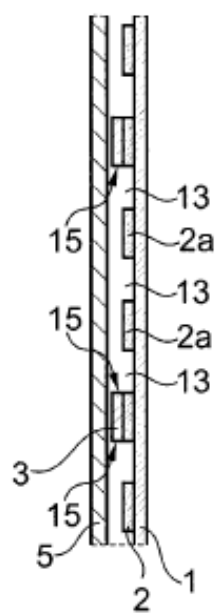


Fig. 6C

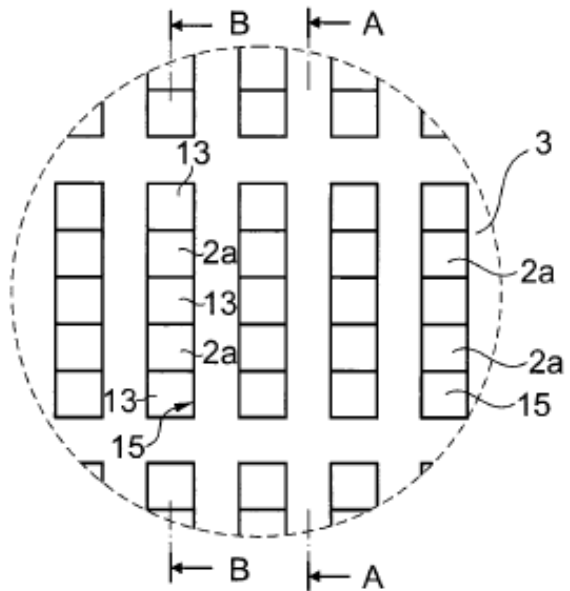


Fig. 6A

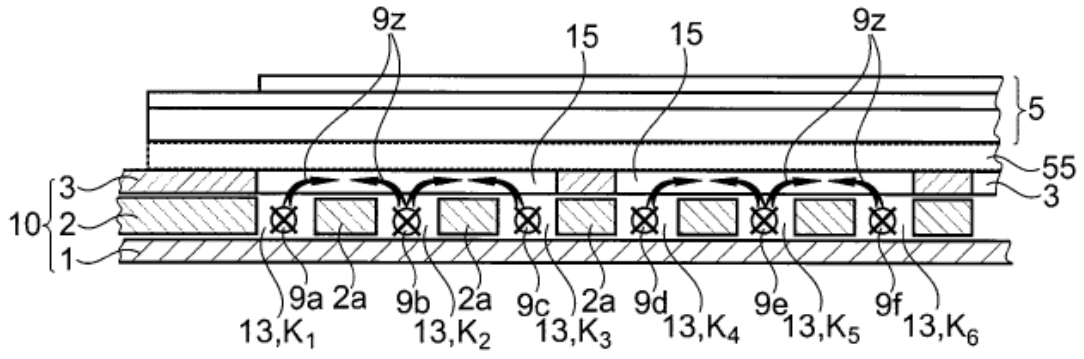


Fig. 6D

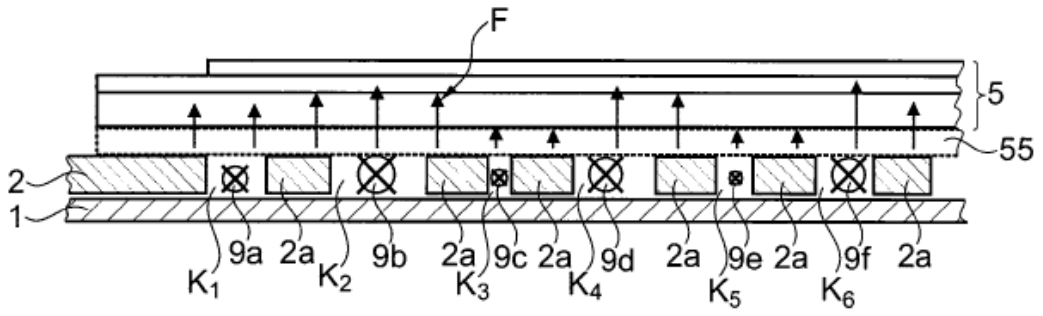


Fig. 6E

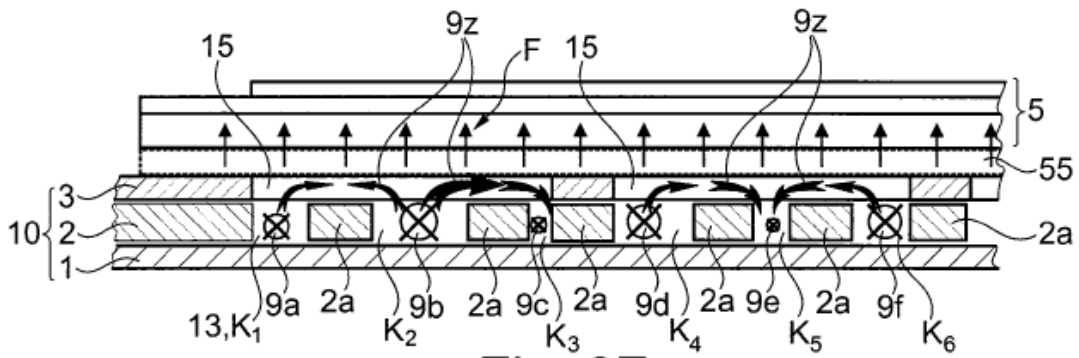
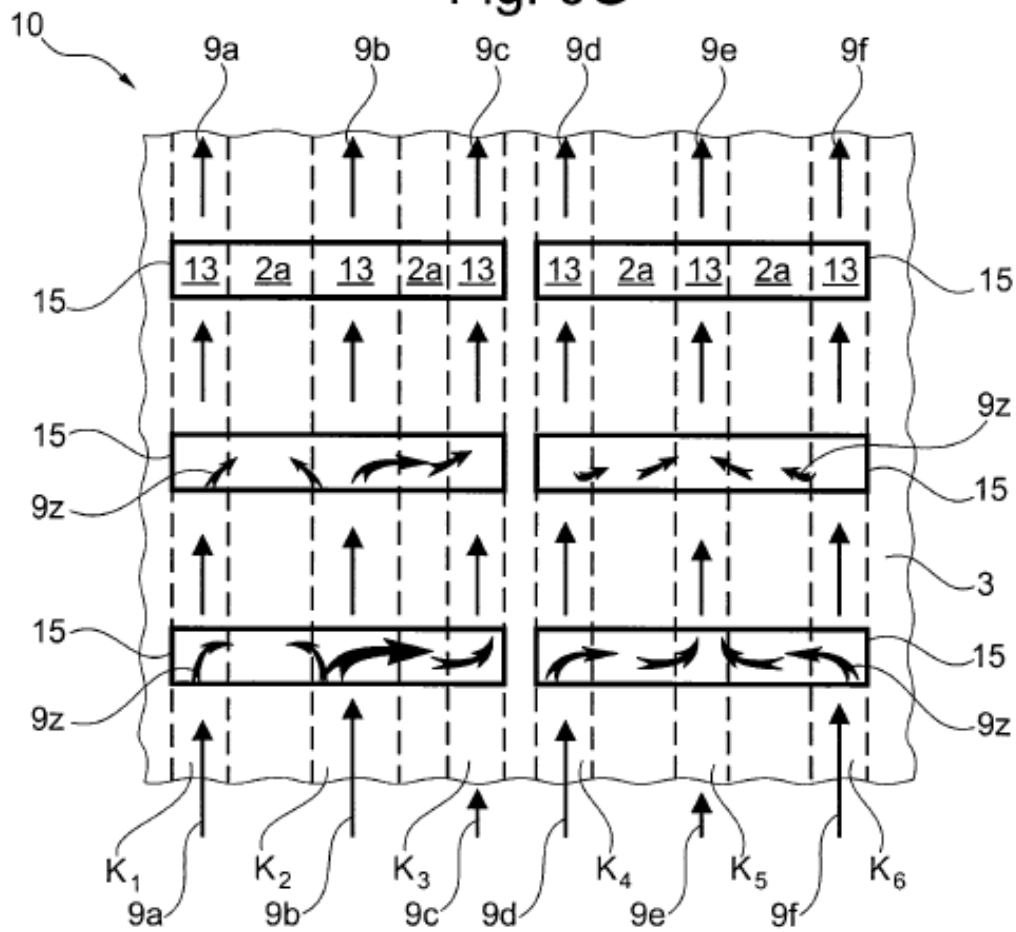
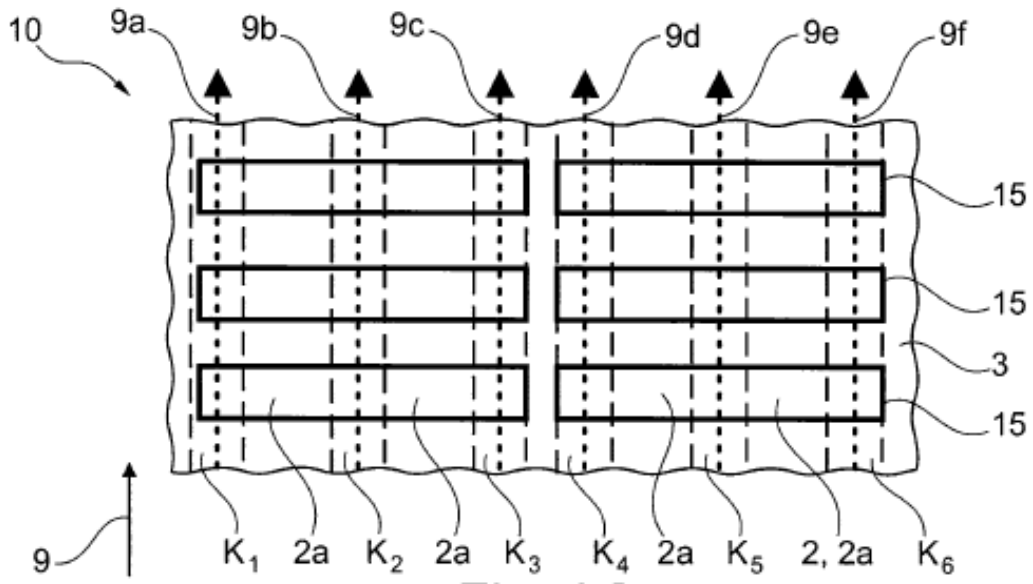
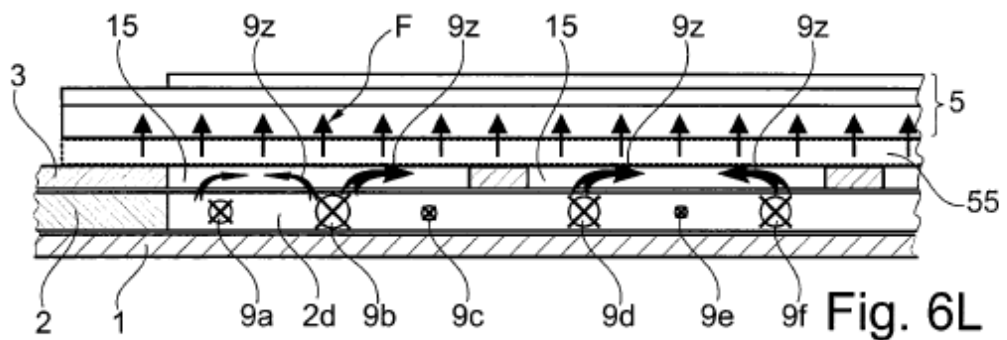
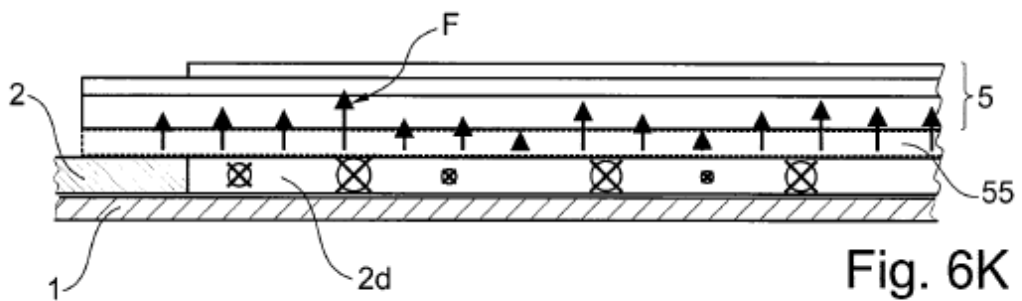
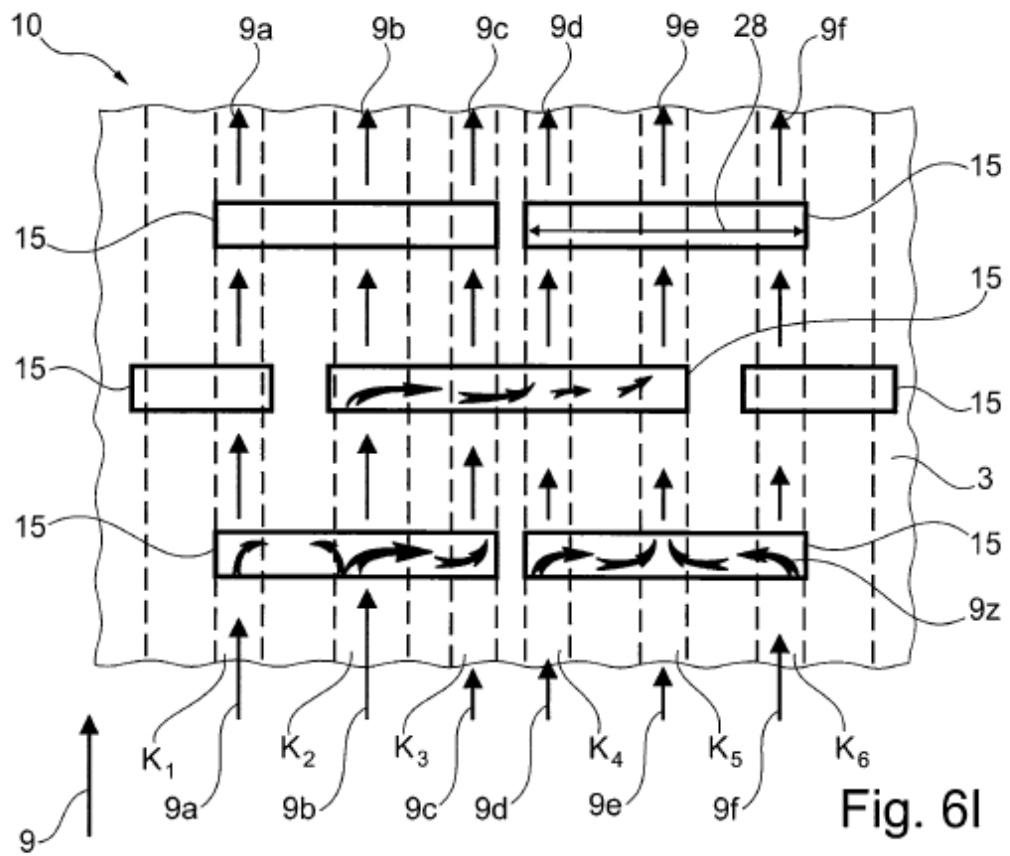


Fig. 6F





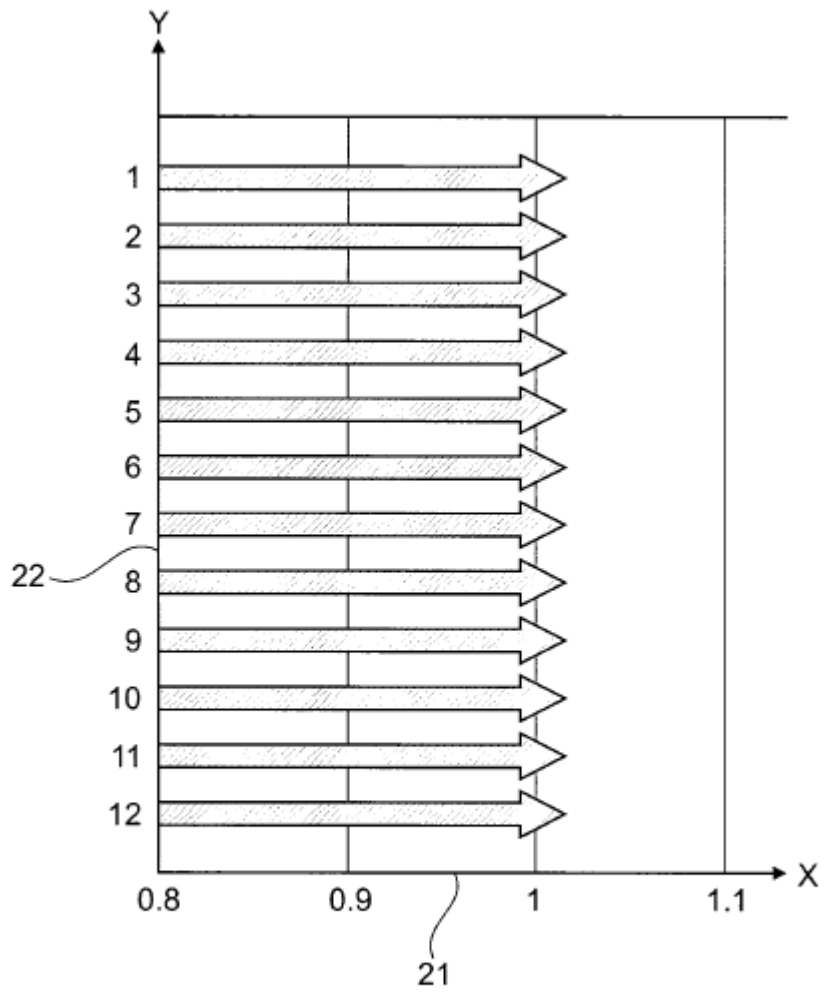


Fig. 7A

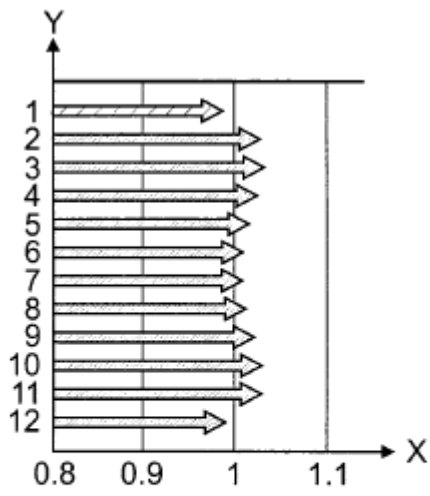


Fig. 7B

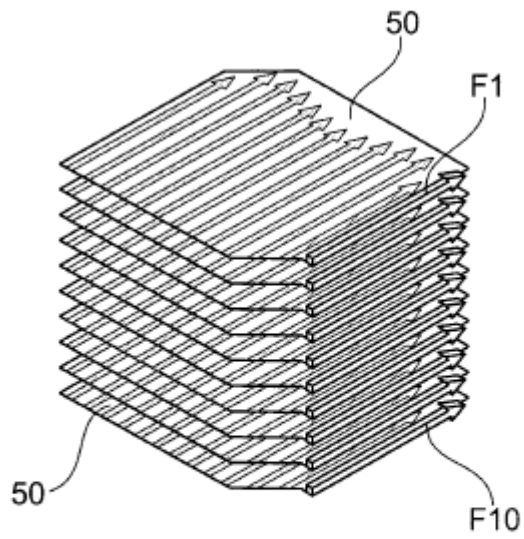


Fig. 7D

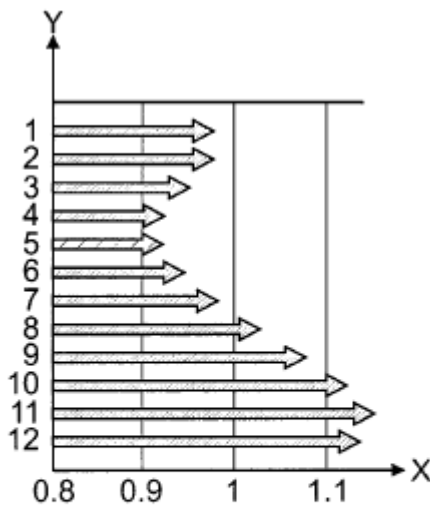


Fig. 7C

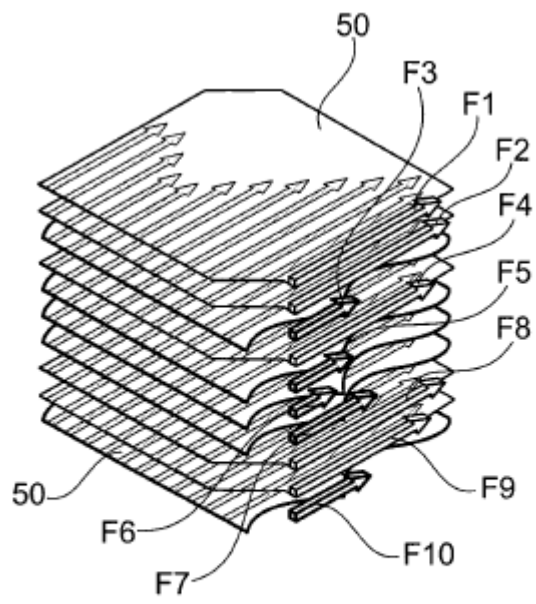


Fig. 7E

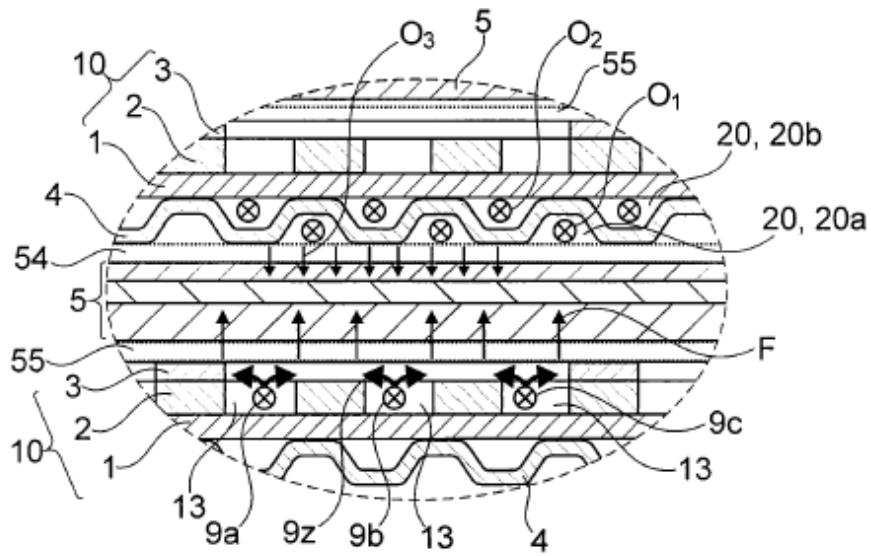


Fig. 8A

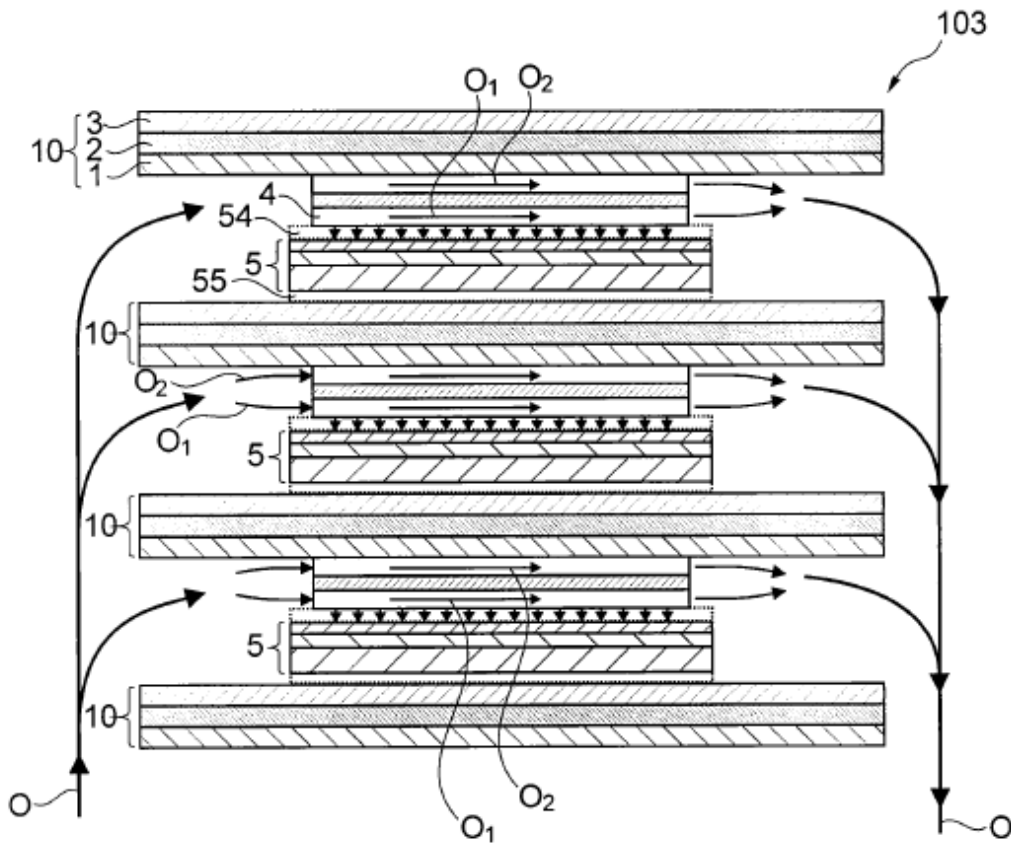


Fig. 8B